

**MOTOR DIDACTICO INTERACTIVO CARBURADO CON ENFASIS EN  
MODIFICACIONES PARA COMPETICION**

**ANGÉLICA MARÍA LAGOS ROJAS  
CÓDIGO 2617**

**FREDDY ALONSO OCAMPO ARIAS  
CÓDIGO 7886**

**JUAN CAMILO QUITIAN RODRÍGUEZ  
CÓDIGO 20421**

**YEISON CAMELO CASTAÑEDA  
CÓDIGO 20054**

**UNIVERSIDAD ECCI  
TECNOLOGIA EN MECANICA AUTOMOTRIZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
BOGOTÁ D.C  
2015**

**MOTOR DIDACTICO INTERACTIVO CARBURADO CON ENFASIS EN  
MODIFICACIONES PARA COMPETICION**

**ANGÉLICA MARÍA LAGOS ROJAS  
CÓDIGO 2617**

**FREDDY ALONSO OCAMPO ARIAS  
CÓDIGO 7886**

**JUAN CAMILO QUITIAN RODRÍGUEZ  
CÓDIGO 20421**

**YEISON CAMELO CASTAÑEDA  
CÓDIGO 20054**

**Proyecto de grado, requisito para optar el título de:  
TECNOLOGO EN MECANICA AUTOMOTRIZ**

**Director:  
MSc. ARMANDO ALFREDO HERNANDEZ MARTIN**

**UNIVERSIDAD ECCI  
TECNOLOGIA EN MECANICA AUTOMOTRIZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
BOGOTÁ D.C  
2015**

**Nota de aceptación:**

Aprobado por la facultad de Ingeniería Mecánica y el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la UNIVERSIDAD ECCI para optar al título de TECNOLOGO MECANICA AUTOMOTRIZ

---

Jurado

---

Jurado

---

Director

Bogotá, Julio de 2015

## **DEDICATORIA**

Inicialmente deseamos dedicarle este proyecto de grado especialmente a todas las personas que siempre creyeron en nuestra capacidad de llevar a término nuestra carrera, es gracias al empeño y determinación que poseemos cuando queremos alcanzar un logro tan importante en nuestras vidas como lo es el título que estamos próximos a obtener.

A Dios por ser siempre aquel ser especial que nos llena de sentimientos de alegría, tranquilidad y serenidad en cada momento de esta etapa de la vida próxima a culminar esperando seamos dignos por tan valioso respaldo.

A nuestros padres, hermanos, compañeros, profesores y demás personas que nos han apoyado en cada una de las etapas que hemos vivido para poder culminar este proceso de aprendizaje.

A nuestros profesores que influyeron con sus lecciones y experiencias para formarnos como personas de bien y afrontar los diferentes retos de la vida, a todos y cada una de ellos les dedicamos cada una de estas páginas de este nuestro proyecto de grado.



## **AGRADECIMIENTOS**

El siguiente proyecto de grado fue realizado bajo la supervisión del MSc. Armando Alfredo Hernández Martín a quien nos gustaría expresarle los más sinceros agradecimientos por su tiempo, su esfuerzo, el apoyo que nos brindó para poder llevar este proyecto a cabo.

Al Ing. Mauricio Zabala Zabala por ser una de las personas que nos han apoyado a través de todo nuestro proyecto por sus aportes e indicaciones que nos ha dado durante el proceso.

A nuestras familias que nos han apoyado durante todo este tiempo.

A algunos de nuestros compañeros que a través de todo este tiempo nos han ayudado en los momentos más difíciles para poder superar esas dificultades durante el aprendizaje que estamos culminando y poder seguir en nuestro camino hacia un mejor futuro.

A Dios, por permitirnos cada día aprender y vivir cosas nuevas, y poner personas que nos han aportado a través de esta etapa que estamos culminando a ser mejores personas y saber que cada día podemos aprender cosas nuevas.

A aquellos profesores que pusieron la confianza en nuestros esfuerzos individuales sin los cuales no habiéramos podido estar en estos momentos culminando un ciclo de nuestras vidas y empezando otro con la meta de ser cada día mejores.

## INDICE

<b>0. INTRODUCCION</b>	<b>3</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>7</b>
<b>DELIMITACION</b>	<b>8</b>
<b>DISEÑO METODOLOGICO</b>	<b>9</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>10</b>
<b>1. PRIMERAS COMPETICIONES.</b>	<b>11</b>
<b>1.1 SIGLO XIX</b>	<b>11</b>
<b>1.2 SIGLO XX</b>	<b>12</b>
<b>DESCRIPCION DEL PROBLEMA</b>	<b>16</b>
<b>ENFOQUE DEL PROYECTO</b>	<b>17</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>18</b>
<b>2. MARCO TEORICO</b>	<b>19</b>
<b>2.1 CLAVES PARA AUMENTAR POTENCIA</b>	<b>21</b>
<b>2.1.1 El carburador</b>	<b>21</b>
<b>2.1.2 Por aumento de cilindrada</b>	<b>23</b>
2.1.2.1 Aumentar el diámetro de los cilindros	24
2.1.2.2 Aumentar la carrera de los pistones	24
2.1.2.3 Aumentar número de pistones (solo cambiando motor)	25
<b>2.1.3 Por aumento de la presión media efectiva</b>	<b>25</b>
2.1.3.1 Aumento de relación de compresión	26
2.1.3.2 Aumento de entrada de aire (por sobrealimentación)	26
2.1.3.3 Mejorando las condiciones de funcionamiento de las válvulas y sus conductos	28
<b>2.1.4 Por el aumento de régimen de giro</b>	<b>29</b>
<b>2.1.5 Tapa de cilindro (culata)</b>	<b>30</b>
<b>2.1.6 Cámara de combustión</b>	<b>31</b>

2.2	<i>Cálculos específicos sobre el carburador</i>	33
3.	<b>LA CULATA Y SUS COMPONENTES</b>	35
3.1	<b>LOS PRINCIPALES COMPONENTES A ESTUDIAR EN LA CULATA</b>	36
3.1.1	<i>La cámara de combustión y sus preparaciones</i>	36
3.1.2	<i>La Relación de Compresión</i>	37
3.1.3	<i>Volumen de la cámara de combustión</i>	39
3.1.4	<i>La Cámara de combustión y su rendimiento</i>	42
3.1.5	<i>Primer sistema: Rebaje del plano de la culata</i>	44
3.1.6	<i>Segundo sistema: Pistones de mayor altura</i>	45
3.1.7	<i>Tercer sistema: Rebaje del plano del bloque</i>	46
3.1.8	<i>Cuarto sistema: Reducción selectiva de la cámara</i>	47
3.2	<b>LAS VÁLVULAS: SUS ASIENTOS Y GUÍAS</b>	48
3.2.1	<i>Recorte de asientos de valvula:</i>	50
3.2.2	<i>Fresado de los asientos de valvula:</i>	51
3.2.3	<i>Extracción de las guías de válvulas:</i>	53
3.3	<b>LOS CONDUCTOS DE ADMISIÓN Y ESCAPE</b>	55
3.3.1	<i>Características ideales de un buen conducto de admisión:</i>	56
3.3.2	<i>La Turbulencia de los gases.</i>	58
3.3.3	<i>Trabajos en los conductos de admisión</i>	60
3.3.4	<i>Los conductos de escape</i>	62
3.4	<b>LOS PERNOS DE FIJACIÓN DE LAS CULATAS</b>	64
3.5	<b>LAS VALVULAS Y SUS RESORTES</b>	65
3.5.1	<i>Las Válvulas.</i>	65
3.5.2	<i>Resortes de las válvulas.</i>	68
3.6	<b>EL EJE DE LEVAS</b>	70
3.6.1	<i>Influencia de los Avances y Retardos en el motor</i>	75
3.6.2	<i>Perfil de las levas</i>	76

<b>4.</b>	<b>EL BLOQUE DE CILINDROS</b>	<b>83</b>
4.1	PROCEDIMIENTOS	83
4.2	LIMPIEZA Y DESINCRUSTADO DEL BLOQUE	83
4.3	PULIDO INTERIOR DEL BLOQUE	84
4.4	REFORZADO DE LA LÍNEA DE BANCADA	84
4.5	RECTIFICADO DEL PLANO DE LA SUPERFICIE SUPERIOR	86
4.6	FILETEADO DEL BLOQUE	87
4.7	DESMONTAJE DE PERNOS, TAPONES Y REGISTROS	88
4.8	TRABAJOS EN LAS CAMISAS DE LOS CILINDROS	88
4.9	CAMISAS SECAS	91
4.10	CAMISAS HÚMEDAS	92
4.11	LAS BIELAS EN LOS MOTORES DE COMPETICIÓN	94
4.12	REFORZAMIENTO DE LOS PERNOS DE FIJACIÓN	95
4.13	ALIGERAMIENTO DEL PESO DE LA BIELA	96
4.14	PIE DE BIELA	97
4.15	CABEZA DE BIELA	98
4.16	CUERPO DE BIELA	99
4.17	EQUILIBRADO DE LA BIELA	99
4.18	LOS PISTONES Y SUS ANILLOS	101
4.19	REDUCCIÓN DE PESO EN UN PISTÓN	104
4.20	AUMENTO DE CILINDRADA	108
4.21	TENDENCIAS ACTUALES	110
<b>5.</b>	<b>CIGÜEÑAL Y VOLANTE DE INERCIA</b>	<b>111</b>
5.1	SUPERFICIE DE APOYO DE LOS MUÑONES	112
5.2	ALIGERAMIENTO DEL CIGÜEÑAL	116
5.3	EL VOLANTE DE INERCIA	116
5.4	EQUILIBRIO ESTÁTICO	122

<b>5.5</b>	<b><i>EQUILIBRIO DINÁMICO</i></b>	<b>124</b>
<b>5.6</b>	<b><i>EQUILIBRIO DEL VOLANTE</i></b>	<b>125</b>
<b>5.7</b>	<b><i>COLECTORES Y TUBOS DE ESCAPE</i></b>	<b>126</b>
<b>5.8</b>	<b><i>SILENCIADOR</i></b>	<b>135</b>
<b>6.</b>	<b><i>GLOSARIO</i></b>	<b>137</b>
	<b><i>BIBLIOGRAFÍA</i></b>	<b>142</b>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Especificaciones básicas motor Mazda 626 .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2. Especificaciones carburador original Mazda 626 .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3. Comparativo surtidores o chiclers.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 4. Especificaciones culata original Mazda 626 .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 5. Especificaciones Eje de levas Mazda 626 .....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 6. Diámetro de centraje superior.....</i>	<i>93</i>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1.El conde Albert de Dion en la Paris - Rouen de 1894.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2.Marcel Renault en la París-Madridde 1903.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3.Carrera de automovilismo en el circuito de Brooklands en la década de 1930.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4.partes del carburador.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5.cómo se aumenta diámetro de los cilindros.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6.Diferencias de las carreras de las bielas.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7.Motor de competición Renault .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8. Diferencias de relación de compresión según posición pistón.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9.Funcionamiento de turbocompresor.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10.diferentes conductos de admisión y escape.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11.piezas que se aligeran.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12.culata del motor.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 13.forma de la cámara de combustión .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 14.válvula ecológica.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 15.Comprobación de la relación de compresión. ....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 16.Medidas a tener en cuenta para calcular la relación de compresión del motor.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 17.Cálculo del volumen de la cámara con ayuda de un fluido y dispositivo medidor.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 18.Relación entre volumen de la cámara y la Relación de compresión en motor de serie....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 19.Relación entre diámetro y carrera del pistón en un motor.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 20.Tipos de cámaras más comerciales (vista superior).....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 21.Tipos de cámaras más comerciales (vista lateral) .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 22 Método de rebajado de material de la culata.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 23.Comparación de un pistón normal vs pistón alto.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 24. Distribución geométrica de un cilindro dos válvulas vs cuatro válvulas .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 25. Comparativo número de válvulas por cilindro.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 26.Representación de las zonas de contacto o pisado de una válvula con respecto a su asiento .....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 27.Dimensiones de las válvulas.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 28.Guía de válvula original y recortada.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 29.Condiciones ideales del conducto de admisión.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 30.Turbulencia vertical.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 31.Turbulencia horizontal. ....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 32.Disposición de un conducto de serie.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 33.Rebaje correcto del conducto de serie.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 34.Conducto de escape.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 35.Disposición correcta de los conductos de admisión y escape .....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 36.Inclinaciones típicas de los asientos de válvula. ....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 37.Tipos de modificación al peso de las válvulas.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 38.Dimensiones a tener en cuenta para el cálculo de los resortes de válvula.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 39.Eschema de los ciclos de un motor en línea de cuatro cilindros. ....</i>	<i>71</i>

<i>Figura 40. Grafico del levantamiento de una válvula.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 41. Grafico de una válvula con apertura anticipada .....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 42. Diagrama de distribución real de un árbol de levas de competición de 280°.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 43. Diagrama de distribución real de un árbol de levas estándar de 245°.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 44. Forma típica de las levas. ....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 45. Partes de un bloque con cilindro integrado.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 46. Camisas secas.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 47. Comprobación del diámetro interior de un cilindro.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 48. Aligeramiento de una biela.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 49. Vistas del mismo pie de biela; recortes y redondeado de la pieza. ....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 50. rebajado de material en la cabeza de la biela .....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 51. Balanceado de una Biela .....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 52. Elementos de un pistón y su biela.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 53. Temperatura que deben soportar las partes de un pistón.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 54. Rebajado de un pistón.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 55. Cigüeñal motor Mazda 626.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 56. Volante motor Mazda 626.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 57. comparacion de dos cigüeñales idénticos .....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 58. radio de unión o de acuerdo entre plato y muñequilla.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 59. trabajo de los radios de unión muñequillas y los cuellos en un cigüeñal preparado.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 60. otra forma de radio de unión.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 61. sección de un volante de inercia .....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 62. sección de un volante.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 63. lugares en donde es posible el aligeramiento de un volante de inercia .....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 64. vista en sección de un volante y lugar y forma en donde es posible actuar para rebajar el material.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 65. volante para motor de alta velocidad.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 66. equilibrado estático del cigüeñal.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 67. cigüeñal mostrando los avellanados .....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 68. equilibrado de un conjunto de cigüeñal con su volante de inercia montado.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 69. representación del conjunto de escape de un motor.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 70. conjunto de un colector de escape para competición, de IRESA. ....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 71. unión correcta de los tubos de colector.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 72. unión algo incorrecta de los tubos en el cuerpo del escape primario.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 73. camara de expansión cónica a la salida del conducto de la culata con el colector.....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 74. camara de expansión anular a la salida del conducto de la culata con el colector. ....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 75. Colector de escape y tubo primario de los llamados “4 en 1” .....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 76. Colectores de escape y tubo primario de los llamados “4 en 2” .....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 77. conjunto de los silenciosos.....</i>	<i>136</i>



## **0. INTRODUCCION**

El proyecto se plantea por la necesidad identificada en las asignaturas relacionadas con el tema de motores MEP (Motor de Encendido Provocado) el cual está enfocado en crear un modelo didáctico (que sea utilizado en las clases prácticas en los talleres de ajuste de motores e inyección y sincronización de la UNIVERSIDAD ECCI ) e interactivo (por la forma en que está concebido para el fácil entendimiento de cómo funcionan los distintos componentes) de un motor de ciclo de 4 tiempos con tecnología en formación de la mezcla fuera de la cámara de combustión, este será el punto de partida para el desarrollo y avance del proyecto el cual busca como finalidad servir de apoyo a las actividades prácticas realizadas por los estudiantes de la Tecnología en Mecánica Automotriz y lograr que estos puedan interiorizar de forma más clara y puntual el funcionamiento, diagnóstico y la aplicación de actividades de mantenimiento, pues en el ámbito colombiano este tipo de tecnología aún está en funcionamiento en vehículos de calle, maquinaria agrícola y especializada y en vehículos de competencia sean de dos o cuatro tiempos.

Al observar la necesidad de tener un modelo practico de un motor de combustión a gasolina con mezcla fuera de la cámara el cual en la actualidad no existe para ser usado por los estudiantes de la Tecnología en mecánica automotriz y así poder profundizar en los conocimientos básicos impartidos por la UNIVERSIDAD ECCI

Así mismo motivados por el hecho de saber que en la asignatura de Inyección y sincronización existe dentro de los temas de la guía del estudiante el relacionado con los colectores de admisión en motores a gasolina, la ayuda didáctica entra a ser un apoyo importante.

Este documento demuestra su importancia por la información recopilada durante el proceso investigativo para el desarrollo del mismo, tanto en el aspecto teórico como

en el hacer mismo del aspecto físico del proyecto.

## **ANTECEDENTES**

En Colombia y específicamente en Bogotá el SENA posee varios modelos didácticos de motores a combustión para las prácticas de sus aprendices, así mismo en la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá) existe el laboratorio para motores de combustión interna, la principal característica de estos modelos es su alta cuota de uso para proyectos de investigación. Todas estas observaciones demuestran la importancia que tienen los modelos didácticos para el aprendizaje de los mecanismos de los vehículos.

Hacia el interior de la UNIVERSIDAD ECCI no existe hasta el momento un modelo didáctico funcional y operativo de un motor a combustión interna con alimentación de combustible fuera de la cámara de combustión que permita a los estudiantes de la Tecnología en Mecánica Automotriz profundizar y comprender con mayor facilidad los componentes de este tipo de alimentación. Actualmente en el currículo de la asignatura de Inyección y Sincronización los temas relacionados con este tipo de motores solo se pueden trabajar a nivel teórico con un nivel mínimo en el aspecto práctico. Cabe resaltar que el parque automotor en lo relacionado con motos viene equipado con este tipo de tecnología y la necesidad de practicar para lograr competencias resulta de alta jerarquía.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Formular una ayuda didáctica de un motor de combustión interna con sistema de alimentación de combustible fuera de la cámara de combustión.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Validar los parámetros con los cuales se logra que el carburador funcione de manera diferente a como viene de fabrica
- Desarrollar cálculos matemáticos de las modificaciones realizadas al motor fuera de especificaciones del fabricante.
- Entregar un modelo didáctico operativo y funcional
- Diseñar una práctica de laboratorio tocante a emisiones y medición de variables termodinámicas para fortalecer el componente práctico en esta tecnología.
- Operacionalizar el modelo didáctico; fácil de usar, ensamblar y desensamblar, en relación a todos sus componentes por parte de los estudiantes que cursen la asignatura de inyección y sincronización realizando las pruebas que se requieran.

## **DELIMITACION**

El modelo didáctico tendrá alcance hacia:

A la comunidad estudiantil, industrial y los programas de educación continuada de la UNIVERSIDAD ECCI.

A los temas relacionados con el sistema de alimentación de combustible, aire y carburación de un motor a gasolina.

Esta ayuda didáctica comprende los siguientes sistemas propios de un motor MEP:

- Motor MEP completo
- Sistema de refrigeración (radiador y ventilador)
- Sistema eléctrico (Tablero, Arranque y Batería)
- Sistema de alimentación de combustible (incluye tanque)
- Sistema de escape
- Soportes para todos los componentes
- Protectores y guardas

## **DISEÑO METODOLOGICO**

El desarrollo aplica con los conceptos aprendidos durante el transcurso del ciclo tecnológico y su aplicación práctica durante la ejecución de este proyecto pero reforzándolos con investigación independiente. Las etapas definidas fueron:

- Ubicación, evaluación del estado del motor y compra
- Fabricación de una estructura metálica en la cual se pueda instalar el modelo didáctico con características que permitan su fácil y segura manipulación
- Listar los componentes adicionales que se requieran para mejorar y adecuar el motor al modelo
- Instalar todos los componentes en el modelo
- Verificar el funcionamiento del modelo conforme a las diferencias definidas entre especificaciones del fabricante y modificaciones hechas al motor
- Documentar los aspectos teóricos del motor con modificaciones que se le hacen a vehículos de calle para ser adecuados para competición en medio magnético.

## **JUSTIFICACIÓN**

Dentro de los contenidos temáticos de la asignatura inyección y sincronización se contempla la temática carburadores, para ello se cuenta con ayudas de carburadores no funcionales, pero no motores con alimentación fuera de la cámara de combustión, al presentarse la ausencia de esta ayuda en este momento en los talleres de mecánica automotriz de la UNIVERSIDAD ECCI, con esto se quiere decir lo importante para el desarrollo óptimo de la asignatura y su contribución a los estándares de calidad en el programa de Tecnología en Mecánica Automotriz.

Ya que la falta de este tipo de motores en la UNIVERSIDAD ECCI no permite que se tenga un modelo funcional y didáctico para contribuir con el componente práctico que deben cursar los estudiantes en la actualidad, y que puedan obtener unas mejores bases y conocimientos en tecnologías que aun en Colombia se encuentran en funcionamiento.

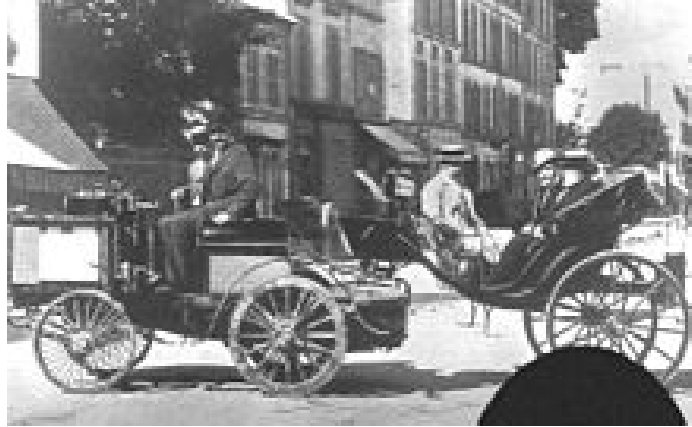
Para que año tras año de la UNIVERSIDAD ECCI egresen mejores profesionales que cumplan cada vez más con las exigencias encontradas en el mercado laboral y poder ser profesionales integrales en nuestras empresas o al servicio de otros, cumpliendo cada vez mejor con los estándares requeridos por las grandes compañías que están exigiendo cada vez más conocimientos para desempeñar los diferentes cargos que se están generando en el mercado de la industria automotriz.



## 1. PRIMERAS COMPETICIONES.

### 1.1 SIGLO XIX

Figura 1.El conde Albert de Dion en la Paris - Rouen de 1894



Tomado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_del\\_automovilismo](https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_automovilismo)

Una de las primeras carreras documentadas fue la Carrera de Carruajes sin Caballos (*Concours des Voitures sans Chevaux*), organizada por Pierre Giffart, periodista de *Le Petit Journal* y se corrió en la ruta de París-Rouen el 22 de julio de 1894. Ésta competición tuvo 21 participantes y las marcas ganadoras fueron las francesas Peugeot y Panhard et Levassor. En un principio el vencedor había sido el conde Albert de Dion, pero por alguna extraña razón fue descalificado.

Un año más tarde se realizó la primera competición automovilística cronometrada de la historia, la carrera París-Bordeaux-París, en junio de 1895 y tuvo un recorrido de mil doscientos kilómetros. El ganador, que empleó 48 horas y 42 minutos a una media de 25km/h, y por ello, primer piloto en registrar su nombre en la historia del automovilismo, fue Émile Levassor en un automóvil Panhard et Levassor. En Italia se organizaban carreras desde 1895, año en que se corrió una prueba de

confiabilidad de Turín a Asti ida y regreso. La primera carrera verdadera de automóviles se desarrolló en 1897 a lo largo de la costa del lago Maggiore, desde Arona a Stresa ida y regreso. Incluyendo el Targa Florio en Sicilia (desde 1906) y el *Giro di Sicilia* (Vuelta de Sicilia, 1912), los cuales se corrían alrededor de la isla, y continuaron durante y después de la Segunda Guerra Mundial. El primer evento en los Alpes fue en 1898, la Carrera de Automóviles de tres días organizado por el Touring Club austríaco a través del Tirol del Sur, que incluía el famoso Paso Stelvio. En 1899 se organizó en Francia el Tour de Francia Automovilístico llevada a cabo por el periódico Le Matin, en la cual diversos vehículos tomaron parte en una prueba que alternaba pruebas en carretera abierta, puertos de montaña, etc. El primer vencedor fue René de Knyff conduciendo un Panhard et Levassor. La segunda edición se celebró en 1908 y no volvería a organizarse hasta 1951.

## 1.2 SIGLO XX

**Figura 2. Marcel Renault en la París-Madrid de 1903**



Tomado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_del\\_automovilismo](https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_automovilismo)

**Figura 3. Carrera de automovilismo en el circuito de Brooklands en la década de 1930.**



Tomado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_del\\_automovilismo](https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_automovilismo)

En abril y mayo de 1900, el Club Automovilístico de Gran Bretaña (el precursor del *Royal Automobile Club*) organizó la prueba *Thousand Mile Trial*, un evento de 15 días que unía las principales ciudades de Gran Bretaña. Setenta vehículos tomaron parte en la carrera donde tuvieron que completar trece rutas que variaban en distancias desde 43 km hasta 123 km. El *Scottish Automobile Club* inició en 1901, una competición de cinco días de duración: el Glasgow–London y en 1908 el *Royal Automobile Club* el *International Touring Car Trial*, una carrera de 3.200 km.

Para 1903 se celebraría también la carrera París-Madrid pero el gobierno francés en mitad del recorrido debido a una serie de accidentes. La carrera fue ganada por el francés Fernand Gabriel. Debido a estas imposiciones los organizadores de carreras en Europa empezaron a buscar alternativas a las carreras que se disputaban en carreteras abiertas, ya que cada día se veían más difíciles de organizar debido a las prohibiciones de las autoridades, por lo que una de las alternativas que se tomaron fue la de competir en circuitos cerrados. El primer circuito cerrado fue el de Brooklands, en Inglaterra, que se inauguró en 1907.

En 1909 se construyó el famoso circuito de Indianápolis. Era un circuito ovalado de 4,023 km y tenía el pavimento de ladrillos, la primera carrera de las 500 millas de

Indianápolis se celebró en 1911. En Alemania, se celebró en 1905 y 1906 el *Herkomer Trophy*. Este desafío de cinco días atrajo a más de 100 participantes para hacer frente a sus 1.000 km en tramos de carretera, en subidas y una prueba de velocidad. La primera prueba alpina se celebró en 1909, en Austria. En 1914 este evento fue los más difíciles de la época, con la actuación estelar del británico James Radley en su Rolls-Royce Alpine Eagle. En 1923, los franceses Leonard y Lagache ganaron la primera edición de las 24 Horas de Le Mans. Las carreras de prototipos fueron rápidamente aceptadas por el público. El Campeonato del Mundo de Prototipos se inició en 1953. Desde entonces se han introducido numerosos cambios en el formato y las especificaciones técnicas de los coches. En 1981 se introdujo un campeonato de conductores que se convirtió en el Campeonato del Mundo de Resistencia. Cinco años más tarde se convirtió en el Campeonato del Mundo de Prototipos para coches y pilotos.

Las carreras de coches de serie son otra forma de deporte muy popular en Estados Unidos. Tuvo su origen en las actividades de los contrabandistas durante la década de 1920 y se legalizó en 1947. Las primeras carreras se desarrollaban sobre circuitos de tierra o sobre playas. Hoy se corren en circuitos cerrados de unos 1.600 m de longitud. Las Winston Cup Series comenzaron en 1949 y fueron conocidas como series Grand National. En 1970 se convirtieron en la Winston Cup (hoy Nascar). Uno de los eventos más importantes es las 500 Millas de Daytona, que se celebran cada febrero en el Circuito Internacional de Velocidad de Daytona.

Aunque se celebraban muchas carreras automovilísticas desde principios de siglo XX, no sería hasta los años 50' cuando se empezaron a organizar campeonatos de carácter internacional que incluían varias pruebas. La primera competición de automovilismo en el mundo fue la Fórmula 1 que se inició en 1950. El Campeonato Europeo de Pilotos se celebraría en 1931, con una duración de seis años y sería

predecesora de la Formula 1. Tres años más tarde se crearía el Campeonato Europeo de Rally y el Campeonato Mundial de Resistencia.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_del\\_automovilismo](http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_automovilismo)  
<http://bbaclub.jimdo.com/bah%C3%ADa-blanca-y-su-historia-automovilistica-rese%C3%B1as-varias-automovil%C3%ADstica/rese%C3%B1a-del-comienzo-del-automovilismo-en-el-mundo/>

## **DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

Las asignaturas teórico prácticas de la carrera de tecnología en mecánica automotriz permite generar competencias en la comunidad estudiantil en el ser, en el hacer y en el saber las cuales se reflejan en una actitud amigable con el ambiente, obteniendo nuevos conocimientos, pudiendo competir en los diferentes escenarios del ámbito laboral ya que este tipo de motores aun los podemos encontrar en funcionamiento.

Como es bien evidenciado en este momento la UNIVERSIDAD ECCI no cuenta con la ayuda didáctica de un motor que posea el carburador ensamblado y operativo, los estudiantes en la parte de la asignatura de inyección y sincronización únicamente cuentan con carburadores desensamblados en los cuales solamente se puede aprender la parte teórica y mas no la parte práctica.

Como es de conocimiento la tecnología de carburadores aún se encuentra activa y funcional en los vehículos, las grandes compañías buscan que cada día los profesionales que se encuentran, posean grandes conocimientos en las nuevas tecnologías pero sin dejar atrás las que ya se encuentran y seguirán encontrando en el mercado.

## **ENFOQUE DEL PROYECTO**

¿Es posible mediante un modelo didáctico interactivo de tecnología con mezcla fuera de la cámara de combustión, poder generar competencias en la comunidad estudiantil en beneficio del medio ambiente, sabiendo que en Colombia está tecnología aún está vigente?

Se realizara un modelo didáctico de un motor con tecnología de alimentación de combustible fuera de la cámara de combustión de un Mazda 626, el cual será presentado en condiciones totalmente funcionales: con elementos protectores de seguridad e indicadores de variables físicas (medidores) así como un sistema de escape completo para realizar las mediciones de las emisiones al medio ambiente el cual ira instalado sobre una base que permita la fácil manipulación e identificación de sus componentes y que sirva como comparación con las tecnologías existentes. Con este modelo se pretende que la materia de inyección sea más completa tanto practica como teóricamente, en la cual se puedan ampliar los conocimientos acerca de sistemas de alimentación de combustible y contenidos de la misma y los estudiantes puedan conocer las diferencias específicas de los motores MEP, en lo relacionado con su funcionamiento, principales componentes tanto en un sistema de carburación como de inyección.

## **RESULTADOS**

Con este proyecto se espera:

- Dejar un modelo didáctico y funcional para la materia de inyección y sincronización ya que no cuenta con este tipo de material de apoyo que es muy importante para el desarrollo de distintos temas de la asignatura.
- Tener mejores bases y conocimientos con tecnologías que aún están funcionales en Colombia.
- Facilitar el aprendizaje con un motor MEP (motor de encendido provocado) con todos sus componentes para que los futuros estudiantes de la UNIVERSIDAD ECCI posean mejores bases profesionalmente y laboralmente.



## 2. MARCO TEORICO

Tabla 1. Especificaciones básicas motor Mazda 626

Modelo motor	Motor F8
Especificaciones	
Tipo	Gasolina, 4 tiempos
Nº de cilindros y disposición	4 cilindros en línea
Cámara de combustión	Multiesferica
Sistema de válvulas	Árbol de levas superpuesto, accionado por correa
Cilindrada cc (pulg. <sup>3</sup> )	1789 (109.1)
Calibre x carrera	86 x 77 (3.39 x 3.03)
Relación de compresión	8.6 : 1
Compresión Normal KPa (Kg/cm <sup>2</sup> , lb/pulg <sup>2</sup> )- rpm	1275 (13, 185)- 270
Compresión Mínima KPa (Kg/cm <sup>2</sup> , lb/pulg <sup>2</sup> )- rpm	893 (9.1, 129)- 270
Velocidad de ralentí rpm	800 +o- 50 .. carburador, 850 +o- inyección
Concentración de CO %	2 +o- 0.5 (sin inyección de aire secundaria)
Sistema de lubricación	De tipo alimentación forzada
Bomba de aceite Tipo	Engranaje cóncavo
Presión de descarga KPa (kg/cm <sup>2</sup> ,lb/pulg <sup>2</sup> )	392 (4, 57)
Presión de aceite KPa (kg/cm <sup>2</sup> ,lb/pulg <sup>2</sup> )	
1000 rpm	147-245 (1.5 – 2.5, 21 – 36)
3000 rpm	294 – 392 (3 – 4, 43 – 57)
Filtro de aceite Tipo	Flujo total, filtro de papel
Diferencia de presión de descarga KPa (kg/cm <sup>2</sup> ,lb/pulg <sup>2</sup> )	98 (1, 14)
Enfriador de aceite Tipo	Enfriado por agua, 4 capas
Presión a la que se enciende la luz de aviso de presión de aceite KPa (kg/cm <sup>2</sup> ,lb/pulg <sup>2</sup> )	29 (0.3, 4.3)
Capacidad de aceite	
Total (motor seco)	4.3 (4.5, 3.8)
Litros (cuartos EEUU, Cuartos Imp)	
Depósito de aceite	3.6 (3.8, 3.2)
Litros (cuartos EEUU, Cuartos Imp)	
Filtro de aceite	0.3 (0.32, 0.26)
Litros (cuartos EEUU, Cuartos Imp)	
Sistema de refrigeración	Enfriado por agua, circulación forzada
Capacidad de refrigerante	
Litros (cuartos EEUU, Cuartos Imp)	7.5 (7.9, 6.6)
Con calefacción	7 (7.4, 6.2)
Sin calefacción	

Bomba de agua	Tipo Sello de agua	Centrifugo, accionado por correa de distribución Sello unificado
Termostato	Tipo Temperatura de apertura °C (°F) Temperatura de apertura completa °C (°F) Elevación con apertura completa mm (pulg.)	Cera 80.5 – 83.5 (177 – 182) 95 (203) 8.5 (0.33) o más
Radiador	Tipo Presión de apertura de la válvula de tapa KPa (kg/cm <sup>2</sup> , lb/pulg <sup>2</sup> )	Corrugado 74 – 103 (0.75 – 1.05, 11 – 15)
Ventilador de refrigeración	Capacidad W Nº de paletas Diámetro exterior de la paleta mm (pulg.)	80 4 320 (12.6)
Capacidad del tanque de combustible	Litros (cuartos EEUU, Cuartos Imp)	60 (15.9, 13.2)
Bomba de combustible	Presión de descarga KPa (kg/cm <sup>2</sup> , lb/pulg <sup>2</sup> ) Capacidad de alimentación Cc/min (pulg. <sup>3</sup> /min)	20 – 26 (0.20 – 0.27, 2.8 – 3.8) Más de 860 (52.5) en ralenti
Filtro de combustible	Tipo	Elemento de papel con imán
Filtro de aire	Conmutación frío-caliente Tipo de elemento	Tipo diafragma Papel empapado de aceite
Separación de bujía	mm (pulg.)	0.75 – 0.85 (0.030 – 0.033)
Deflexión de la correa de distribución	mm (pulg.)	4 – 5 (0.16 – 0.20)

## 2.1 CLAVES PARA AUMENTAR POTENCIA

### 2.1.1 El carburador

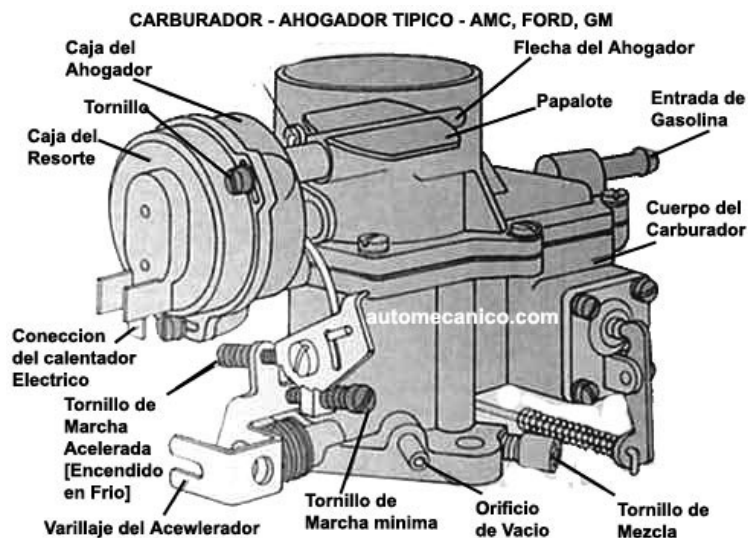
Tabla 2. Especificaciones carburador original Mazda 626

Carburador		
Especificaciones		Motor F8
Tipo		Flujo descendente, dos cubas
Diámetro de garganta	mm (pulg.)	
Primario		30 (1.18)
Secundario		34 (1.34)
Diámetro de Venturi	mm (pulg.)	
Primario		23.5 (0.93)
Secundario		29 (1.14)
Tobera principal	mm (pulg.)	
Primario		2.6 (0.10)
Secundario		2.8 (0.11)
Purga de aire principal	mm (pulg.)	
Primaria		0.55 (0.022)
Secundaria		0.50 (0.020)
Purga de aire lenta	mm (pulg.)	
Primaria		Nº 1 0.80 (0.031) / Nº 2 1.90 (0.075)
Secundaria		Nº 1 0.80 (0.031) / Nº 2 0.50 (0.020)
Surtidor de potencia	mm (pulg.)	0.50 (0.020)
Surtidor de potencia	mm (pulg.)	
Separación entre el calibre y la válvula de la mariposa de gases primaria		0.48 – 0.64 (0.019 – 0.025)
Ajuste de nivel del flotador	mm (pulg.)	
Máximo flujo de combustible “L”		44 (17.3)
Separación entre el flotador y la bocina de aire sin empaquetadura		
Parada de combustible “H”		12.5 (0.49)
Separación entre el flotador y la bocina de aire (sin empaquetadura); el flotador baja por su propio peso		
Diafragma del ruptor de la estrangulación		
mmHg (pulg. Hg)		
Comienza		100 – 160 (3.9 – 6.3)
Se para		220 – 280 (8.7 – 11)

En los motores para aumentar la potencia es necesario aumentar el consumo de aire y combustible, para esto se pueden hacer diversos procesos en las que se aumenta la masa de combustible y aire (mezcla)

El carburador es una pieza de dosificación de combustible, el cual funciona de la mano con la cantidad de aire que entra, la cual sincroniza la entrada de la mezcla al motor tiene muchas partes las cuales se muestran a continuación

**Figura 4. partes del carburador**



Tomado de <http://automecanico.com/auto2006/carburador6.html>

Su funcionamiento la bomba de combustible se acciona por la distribución, transportando el combustible desde el depósito hasta el carburador, la entrada de aire se da a la presión de vacío, ya que se tiende a regular la presión, gracias a las diferencias que se generan en este sistema respecto a la de la cubeta de flotador se provoca la alimentación del combustible.

El preparador decide si trabajar con el carburador original ya que cuando este lo permite se le pueden cambiar los pasos calibrados principales y los venturis por otros de diferentes dimensiones que dejen pasar más aire y más combustible. La bomba de pique o aceleración también se puede ajustar para que entregue mas combustible en aceleraciones fuertes pero con esto no se obtienen muchas ganancias en la potencia del motor

Para lograr mucha potencia es necesario cambiar el carburador por uno o más de competición. En un motor de cuatro cilindros con un carburador de doble cuerpo se puede instalar uno adicional o igual o reemplazarlos por dos especiales para motores de carreras, cambiar el múltiple de admisión y el motor se debe adaptar para que los cilindros admitan sin problemas el caudal de la mezcla, esto aumenta la potencia mucho más.

### **2.1.2 Por aumento de cilindrada**

Se consigue mayor potencia, porque hay mayor capacidad de mezcla la cual llenara las cámaras de combustión hay tres formas de aumentar la cilindrada

### 2.1.2.1 Aumentar el diámetro de los cilindros

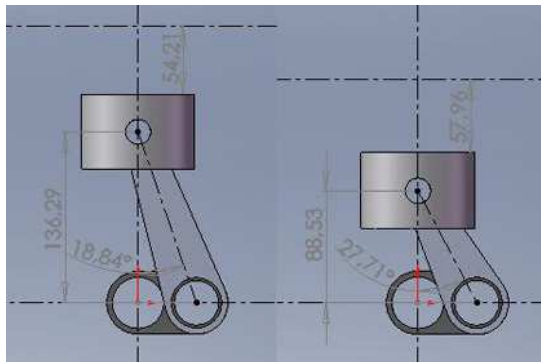
Figura 5. cómo se aumenta diámetro de los cilindros



Tomada de <http://www.fierrosclasicos.com/rectificacion-de-motores-que-es-de-que-se-trata/>

### 2.1.2.2 Aumentar la carrera de los pistones

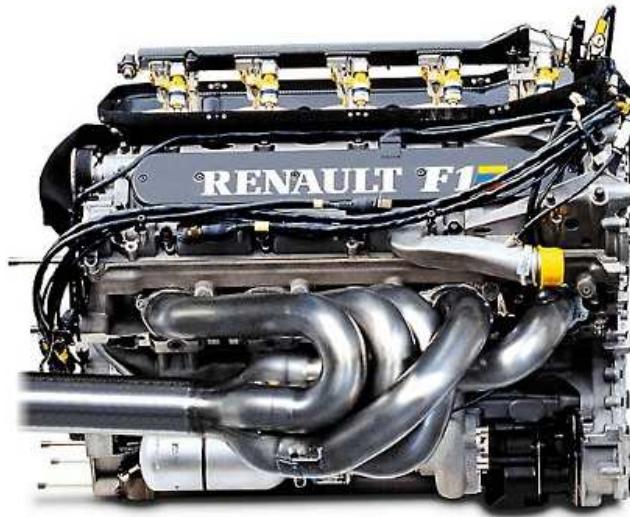
Figura 6. Diferencias de las carreras de las bielas



Tomada de <http://www.piratomotor.com/art%C3%ADculos-t%C3%A9cnicos/velocidad-y-aceleraci%C3%B3n-del-pist%C3%B3n.html>

### 2.1.2.3 Aumentar número de pistones (solo cambiando motor)

Figura 7.Motor de competición Renault



Tomada de <http://topauto.com.ar/noticias/internacionales/la-formula-1-est-reconsiderando-volver-a-los-motores-turbo.html>

En cualquier caso se aumenta la cantidad de mezcla, al mismo tiempo régimen de giro, en lo cual se aumenta la potencia de este con respecto al de fábrica. No es fácilmente aplicable ya que se tiene que modificar el bloque y el cigüeñal, por lo cual todos los motores se analizan diferente.

### 2.1.3 Por aumento de la presión media efectiva

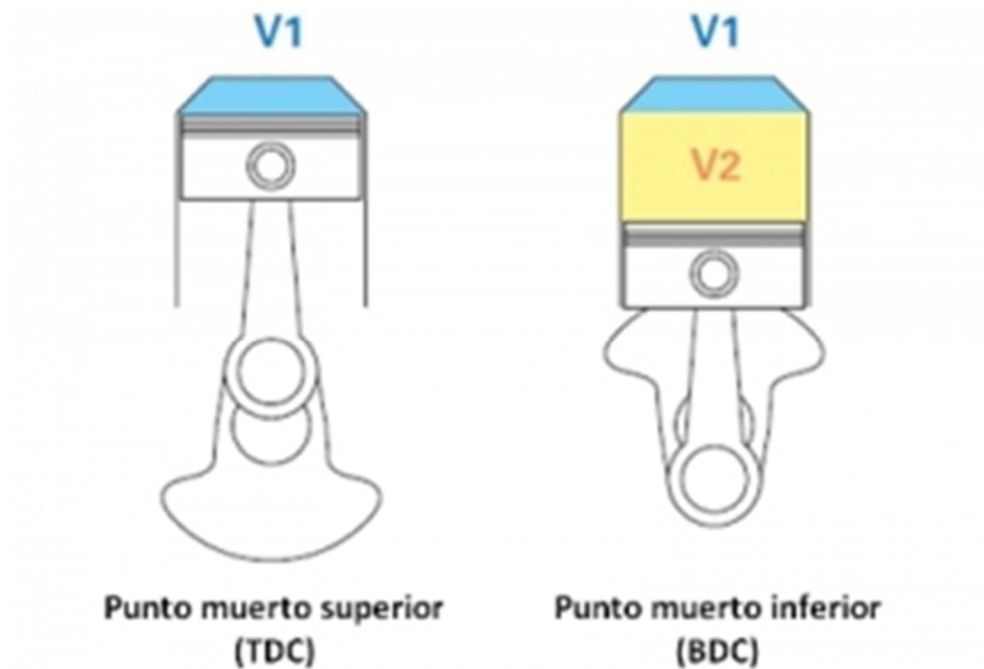
Esta se define como el promedio de las presiones que se dan en la cámara de combustión, mientras esta misma se produce, la cantidad de energía calórica que

se libera es mayor que la de encendido y si se produce una presión más elevada que la inicial, habrá un apreciable aumento de potencia.

Para lo cual se utilizan tres procedimientos para aumentar esta presión

### 2.1.3.1 Aumento de relación de compresión

Figura 8. Diferencias de relación de compresión según posición pistón



Tomada de <http://www.copartes.com/foros/articulo/6540/Diferencia-entre-la-compresin-del-motor-y-la-relacin-de-compresin>

### 2.1.3.2 Aumento de entrada de aire (por sobrealimentación)

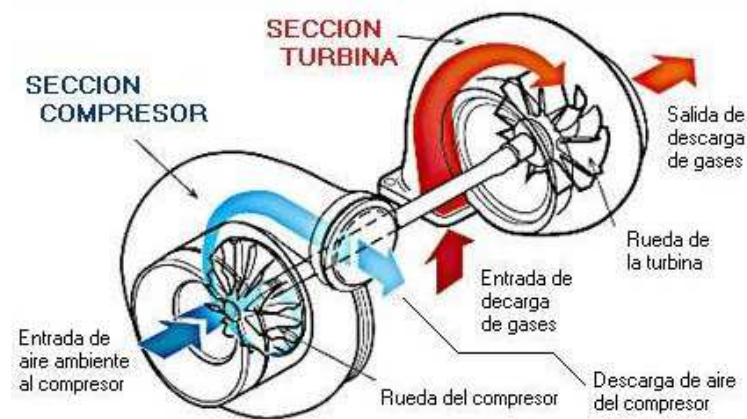
Estos son elementos costosos pero aumentan mucha potencia los más utilizados son los turbos y el compresor mecánico que gana más seguidores, por su respuesta



instantánea, estos elementos se deben colocar adecuadamente para su funcionamiento. El turbocompresor.

Tiene la particularidad de aprovechar la fuerza con la que salen los gases de escape para impulsar una turbina colocada en la salida del colector de escape, dicha turbina se une mediante un eje a un compresor. El compresor está colocado en la entrada del colector de admisión, con el movimiento giratorio que le transmite la turbina a través del eje común, el compresor eleva la presión del aire que entra a través del filtro y consigue que mejore la alimentación del motor

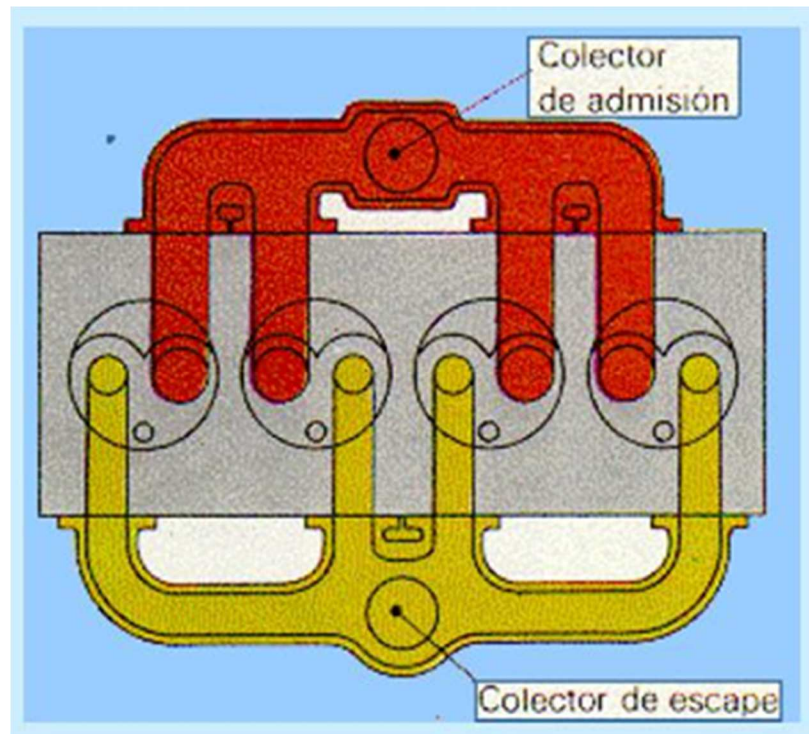
**Figura 9.Funcionamiento de turbocompresor**



Tomada de <http://mishumildesobrasdearte.blogspot.com/2012/06/mecanica-como-funciona-un.html>

### 2.1.3.3 Mejorando las condiciones de funcionamiento de las válvulas y sus conductos

Figura 10.diferentes conductos de admisión y escape



Tomada de

[http://www.autopartes.com.ec/automasters/details.php?image\\_id=121&sessionid=592c91c1b27ee9dc4b445cb52a802664](http://www.autopartes.com.ec/automasters/details.php?image_id=121&sessionid=592c91c1b27ee9dc4b445cb52a802664)

El interés se centra en las válvulas de admisión, ya que con esto la mezcla aumenta la velocidad y tiene menos resistencia de entrada, con una geometría adecuada que genere turbulencia, lo que aumenta la presión de admisión, que así sea muy pequeña aumenta en gran parte la potencia del motor, lo que no sucede en los conductos de escape ya que al hacer esto solo será una mayor y más larga llama de salida ya que lo que se busca es que los gases salgan más rápido para lo cual implica diámetros, escape individuales para cada cilindro y longitudes adecuadas, por lo cual se centra el trabajo en los conductos de admisión .

#### 2.1.4 Por el aumento de régimen de giro

Figura 11.piezas que se aligeran



Tomada <http://www.cordobavende.com/ficha/1139433-potencia-tu-fiat-600-d-e-r.html>

Si se hace girar un motor a muchas más RPM, este aumenta el consumo de mezcla, de esta manera se obtendrá un aumento considerable de potencia con la misma cilindrada.

Para el aumento de régimen de giro, procedimiento más utilizado es el aligeramiento de piezas que se mueven en el funcionamiento del motor, de hecho es de mucho

cuidado y exactitud, porque consiste en el pulido o desbaste de todas las partes que no aportan al desempeño del motor, con lo que se debilitan las piezas, por lo cual se desbastan partes esenciales o se cambian las piezas por otras de un material más ligero y resistente, como piezas de titanio, forjadas entre otras, esto hace que las piezas pesen menos y estén sometidas a menos esfuerzos de inercia y con esto aumenta la rotación de giro.

### 2.1.5 Tapa de cilindro (culata)

Figura 12.culata del motor

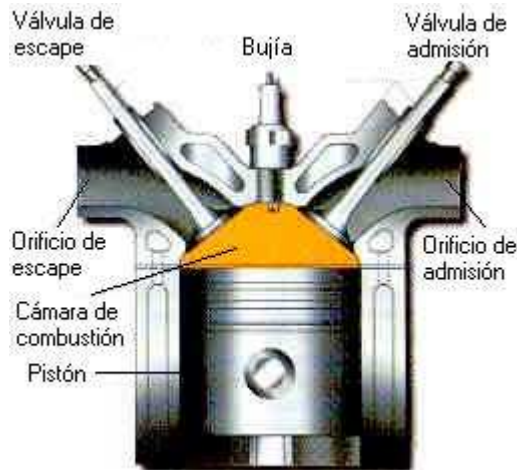


Tomada <http://www.rush-works.com/2009/05/29/cosworth-reintroduce-la-culata-bdg/>

Es muy importante esta pieza la cual controla la entrada y salida de las sustancias (mezcla y gases), y centrando el trabajo en esta pieza se gana mucha potencia ya que se puede modificar la cámara de combustión, las válvulas y los conductos de admisión y escape

### 2.1.6 Cámara de combustión

**Figura 13. forma de la cámara de combustión**



Tomada <http://www.geocities.ws/mecanicainacap/tiposcamarascombustion.html>

Esta zona es la más importante, ya que es donde se desarrolla el proceso de combustión, expansión y sin ella no se tendría movimiento del motor, comprende un sistema de válvulas, para determinar la entrada y la salida de las sustancias (mezcla y gases), además de un sistema de chispa que inicia la explosión.

### 2.1.7 Válvula ecológica

Esta válvula corrige los problemas causados por la altura, se ajusta automáticamente a los cambios de altitud, el cual es ideal para vehículos que recorren zonas elevadas, entregando una mezcla adecuada mejorando la eficiencia del motor, sea carburado o de inyección.

**Figura 14.válvula ecológica**



Tomada <http://valvulaahorradoradecombustible.blogspot.com/>

El funcionamiento de esta válvula, ocurre cuando se oprime el acelerador o hay cambios de altura, cuando se acelera, se generan excesos de combustible, inmediatamente se activa esta válvula la cual ingresa más aire, para tener una mezcla estequiometria y cuando se desacelera, esta se ajusta a las necesidades del motor en marcha.

La válvula ecológica disminuye el consumo de aceite, hace que la gasolina se queme completamente, evitando que esta pase al cárter y degrade el aceite, ahorra combustible, porque la válvula no produce efecto Venturi de arrastre de gasolina por su ubicación y además recupera potencia en el motor, equilibrando la mezcla de aire-combustible, debido a que entre más altura, hay pérdida de potencia y al pisar el acelerador, la válvula corrige el problema compensando la falta de aire y así hacer una combustión completa.

## 2.2 Cálculos específicos sobre el carburador

Denominando:

D: diámetro del cuerpo en mm. (Medido en la mariposa)

C: la cilindrada unitaria en  $\text{cm}^3$

N: al régimen máximo estimado, en r.p.m.

Las dimensiones se calculan según detalle:

Diámetro del cuerpo :(para motores de 1 a 4 cilindros):

$$D = 0.82 \times \sqrt{(C \times N)}$$

Diámetro del difusor: equivale a 4/5 del diámetro del cuerpo; por lo tanto, dicho diámetro debe multiplicarse por 4 y dividir el resultado por 5, o, lo que es lo mismo, se multiplica el diámetro del cuerpo directamente por 0,80

Diámetro del Surtidor Principal: el diámetro del surtidor principal equivale a 5/100 del diámetro del difusor, lo que significa que la dimensión de aquel se obtiene multiplicando el diámetro del difusor por 0,05

Diámetro del surtidor de baja: su dimensión es equivalente a un 35% del diámetro del surtidor principal, o sea que el valor buscado se obtiene multiplicando dicho diámetro por 0.35

Si tenemos un motor de 4 cilindros y 1800 cc que gira a un régimen máximo de 5.500 r.p.m., el cálculo es el siguiente:

$$1800/4=450$$

Diámetro del cuerpo:

$$D = 0.82 \times \sqrt{C \times N}$$

$$D = 0.82 \times \sqrt{(450 \times 5,5)}$$

$$D = 0.82 \times 49,75 = 40,795 \text{ mm}$$

Diámetro del difusor:  $40.795 \times 0.80 = 32.636 \text{ mm}$

Diámetro del surtidor principal:  $32.636 \times 0.05 = 1.6318 \text{ mm}$

Diámetro del surtidor de baja:  $1.6318 \times 0,35 = 0,57 \text{ mm}$

**Tabla 3. Comparativo surtidores o chiclers**

Tipo de Surtidor	Dimensión en mm	
	Original Mazda 626	Carburador Modificado
Principal o de alta	1,14	1,63
Lento o de baja	0,46	0,57



### 3. LA CULATA Y SUS COMPONENTES<sup>2</sup>.

Tabla 4. Especificaciones culata original Mazda 626

Culata			
Especificaciones			Motor F8
Distribución de las válvulas	Admisión	Abierto AAA	17 °
		Cerrado RCA	56 °
	Escape	Abierto AAE	64 °
		Cerrado RCE	15 °
Luz de válvula	mm (pulg.)	Admisión	0.30 (0.012)
		Escape	0.30 (0.012)
Distribución de encendido AAA			6º + 0 - 1º
Orden de encendido			1 - 3 - 4- 2
Parámetro de distorsión de la culata		mm (pulg.) Altura	0.15 (0.006) o menos 91.95 – 92.05 (3.620 – 3.624)
Limite de esmerilado		mm (pulg.)	0.20 (0.008) o menos
Espesor margen de la cabeza de válvula mm (pulg.)	Admisión		0.5 (0.020)
	Escape		1 (0.039)
Longitud de las válvulas mm (pulg.)	Admisión		111.89 (4.4051)
	Escape		111.69 (4.3972)
Diámetro vástago de las válvulas mm (pulg.)	Admisión		8.030 – 8.045 (0.3161 – 0.3167)
	Escape		8.025 – 8.040 (0.3159 – 0.3165)
Diámetro interior de la guía de las válvulas mm (pulg.)	Admisión		8.07 – 8.09 (0.3177 – 0.3185)
	Escape		8.07 – 8.09 (0.3177 – 0.3185)
Separación de las válvulas mm (pulg.)	Admisión		0.025 – 0.060 (0.0010 – 0.0024)
	Escape		0.030 – 0.065 (0.0012 – 0.0026)
	Máxima		0.20 (0.0079)
Altura de la saliente de guía de las válvulas		mm (pulg.)	19.1 – 19.6 (0.752 – 0.772)
Ancho del contacto de los asientos de válvulas		mm (pulg.)	1.2 – 1.6 (0.047 – 0.063)
Verificar hundimiento del asiento de válvula			46.5 (0.1831)
Longitud saliente de vástago de válvula			
Longitud resorte válvulas mm (pulg.)	Normal	Exterior	52 (2.047)
		Interior	44 (1.732)
	Mínimo	Exterior	51.5 (2.028)
		Interior	43.3 (1.705)
Angulo de inclinación del resorte de válvula			1.8 (0.071) o menos

<sup>2</sup> Tomado de: Biblioteca del Automóvil "Preparación de Motores de Serie Para Competición", Autor: Stefano Gillieri, Paginas 131-132

Es el componente más importante que se debe intervenir al preparar un motor para competencia por ser el lugar en el que se produce la entrada, control y salida de gases, por eso podemos realizar mayor cantidad de modificaciones que den mejoras en el desempeño del motor.

Todo esto es posible ya que las culatas actuales son fabricadas en aleaciones ligeras de aluminio que permiten trabajar a temperaturas de operación ideales y disipar más rápidamente el calor generado, por eso mismo son más fáciles de trabajar.

### **3.1 LOS PRINCIPALES COMPONENTES A ESTUDIAR EN LA CULATA**

#### **3.1.1 La cámara de combustión y sus preparaciones**

La cámara de combustión es el sitio donde se transforma la energía térmica contenida en el combustible en energía cinética la cual es cedida al pistón, demostrando que sin esta zona no es posible que el motor y sus componentes eléctricos y mecánicos funcionen. Lo que demuestra que las modificaciones en esta área generan una respuesta inmediata en el rendimiento y la potencia del motor.

Con ayuda de las válvulas la cámara realiza el control de los gases, con el sistema eléctrico de chispa se da inicio al ciclo de expansión en la posición angular más favorable cuando el pistón está cerca del PMS en el mismo ciclo y el sistema de preparación y control de la mezcla aire-gasolina (carburador) con el cual se

complementa el conjunto de componentes que trabajan interconectados en la cámara de combustión.

En el diseño actual de los motores la cámara va incorporada en la culata y el pistón se convierte en una pared móvil que forma la parte inferior de la misma.

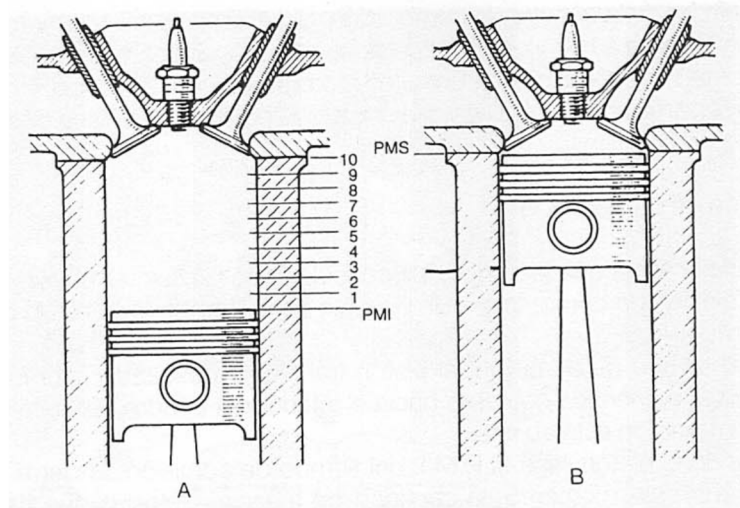
### **3.1.2 La Relación de Compresión<sup>3</sup>.**

Es el primer tema a tener en cuenta cuando se trata de las culatas, siempre recordando que la diferencia del volumen del cilindro cuando el pistón está en PMI con respecto al PMS permite conocer las veces que el volumen final puede estar contenido en el volumen inicial y así saber el rendimiento del motor que está directamente relacionado con el aprovechamiento energético del combustible y los caballos de fuerza generados por unidad de combustible (ver Figura 15 y 16).

---

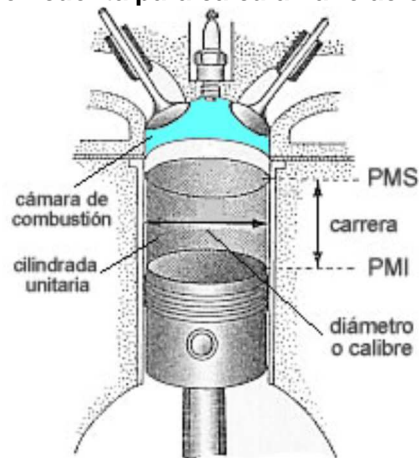
<sup>3</sup> Tomado de: Biblioteca del Automóvil "Preparación de Motores de Serie Para Competición", Autor: Stefano Gillieri, Paginas 133-134

**Figura 15. Comprobación de la relación de compresión.**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 134

**Figura 16. Medidas a tener en cuenta para calcular la relación de compresión del motor**



Tomada de [http://mecanicavirtual.iespana.es/cur\\_mec\\_cilindrada.htm](http://mecanicavirtual.iespana.es/cur_mec_cilindrada.htm)

Pero se debe tener cuidado pues a mayores relaciones de compresión, mayores tensiones debe soportar la culata, mayores temperaturas del conjunto mecánico y explosión espontánea de la mezcla no producida por la chispa todo esto se debe

tener en cuenta porque a mediano plazo se pueden causar daños al motor y pérdida de potencia por el picado del motor. En los motores de competición se manejan altas relaciones de compresión teniendo en cuenta lo antes mencionado.

No se deben superar relaciones de compresión de 10,5:1 en los motores comerciales pues la calidad del combustible produce el efecto de detonación, en especial a bajas revoluciones. Si lo que se desea es tener instalados ejes de levas cruzados, se puede lograr aumentar la relación de compresión hasta 12:1 o más. Pero solo en vehículos que trabajen a muy altas rpm durante todo momento y usando combustibles de alto octanaje para competencias.

### **3.1.3 Volumen de la cámara de combustión<sup>4</sup>.**

Basta mencionar que entre más exacta sea la medida de esta área de la culata (en motores convencionales) podemos conocer hasta qué punto se pueden realizar modificaciones a un motor de serie para mejorar sus prestaciones. Como ya lo hemos mencionado si queremos aumentar la Relación de compresión el volumen de la cámara debe ser modificado, es decir se debe reducir. Ver ejemplo (Figura 18).

Existen dos métodos para obtener el volumen de la cámara de combustión, el primero consiste en utilizar un fluido, normalmente aceite de alta viscosidad, para comprobar el volumen de la cámara sin desinstalar las válvulas de admisión y escape y la bujía “aplica en el caso de tener desmontada la culata del bloque” (ver

---

<sup>4</sup> Tomado de: Biblioteca del Automóvil “Preparación de Motores de Serie Para Competición”, Autor: Stefano Gillieri, Paginas 134-136

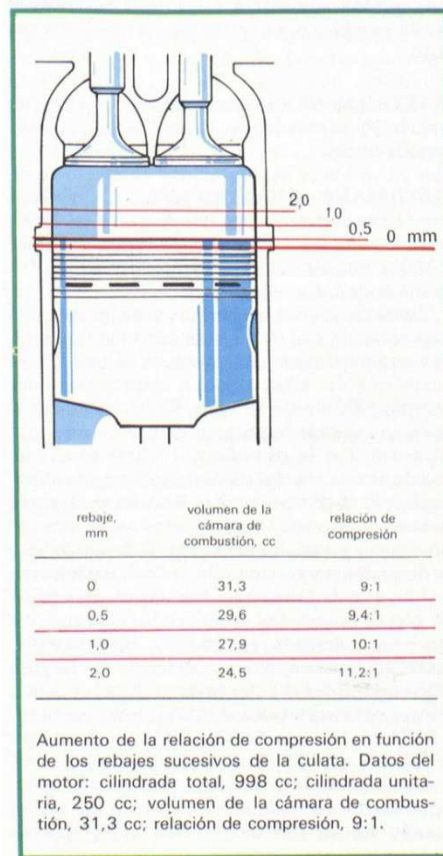
figura 17) y si por el contrario la culata aún sigue montada se vierte el aceite por el orificio donde se instala la bujía esto se logra normalmente con un recipiente aforado. Y el otro método es el matemático como se observará más adelante.

**Figura 17. Calculo del volumen de la cámara con ayuda de un fluido y dispositivo medidor**



Tomada de <http://www.foroaircooled.com/t2465-la-cifra-magica-de-la-relacion-de-compresion>

**Figura 18. Relación entre volumen de la cámara y la Relación de compresión en motor de serie**



Tomada de <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/rebajar-la-culata-definicion-significado/gmx-niv15-con195320.htm>

Si tomamos en cuenta la carrera y el diámetro del pistón, podemos decir que los motores se clasifican en:

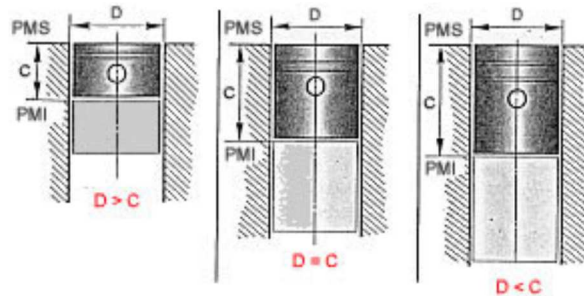
Motor supe cuadrado      Diámetro > Carrera

Motor cuadrado      Diámetro = Carrera

Motor alargado      Diámetro < Carrera

Los motores con mayor diámetro que carrera son la tendencia actual, pues permiten que al reducir la carrera se reduzca la velocidad lineal del pistón, junto con el desgaste del mismo y del cilindro por el rozamiento de ambas partes.

**Figura 19. Relación entre diámetro y carrera del pistón en un motor**



Tomada de [http://mecanicavirtual.iespana.es/cur\\_mec\\_cilindrada.htm](http://mecanicavirtual.iespana.es/cur_mec_cilindrada.htm)

### **3.1.4 La Cámara de combustión y su rendimiento<sup>5</sup>.**

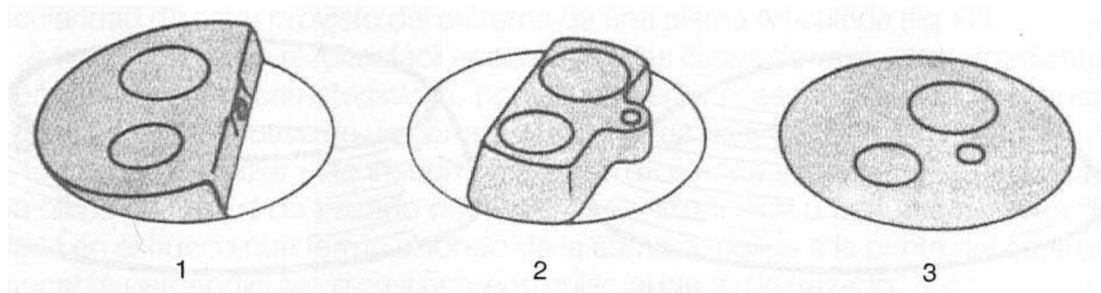
La forma interna de la cámara tiene relación directa con el aumento de la relación de compresión del motor, en toda cámara que por su forma interna se pueda realizar una mezcla por turbulencia conseguirá de seguro un rápido quemado de la mezcla y por consiguiente una mayor relación de compresión.

La forma hemisférica es la base de todas las cámaras, pero por razones comerciales muchos fabricantes tienen variaciones en la forma de la cámara (1-forma de cuña, 2-forma de bañera, 3-plana, tipo Herón) Ver Figura 20 y 21.

<sup>5</sup> Tomado de: Biblioteca del Automóvil "Preparación de Motores de Serie Para Competición", Autor: Stefano Gillieri, Paginas 138-139



**Figura 20. Tipos de cámaras más comerciales (vista superior)**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 139

**Figura 21. Tipos de cámaras más comerciales (vista lateral)**



[http://www.manualmecanicadeautos.info/Camara\\_de\\_Combustion.html](http://www.manualmecanicadeautos.info/Camara_de_Combustion.html)

Por ello el objetivo deberá ser conseguir la forma más parecida a una forma esférica lo cual se logra más fácilmente en las culatas que tienen cámaras con forma similar a la hemisférica. Esto lo logramos trabajando no solo la superficie de la culata al rebajar el material como lo vimos en la figura 18, sino que además se debe labrar las paredes internas de la cámara tratando de no reducir mucho el espesor de las mismas pues se podría ver afectada la culata.

La modificación de la relación de compresión es siempre necesaria cuando se trata de mejorar un motor. Puede ocurrir que se parta de una culata en la que inicialmente no modificamos las cámaras, pero es muy probable que se tenga que modificar la relación de compresión para ganar algunos caballos de potencia.

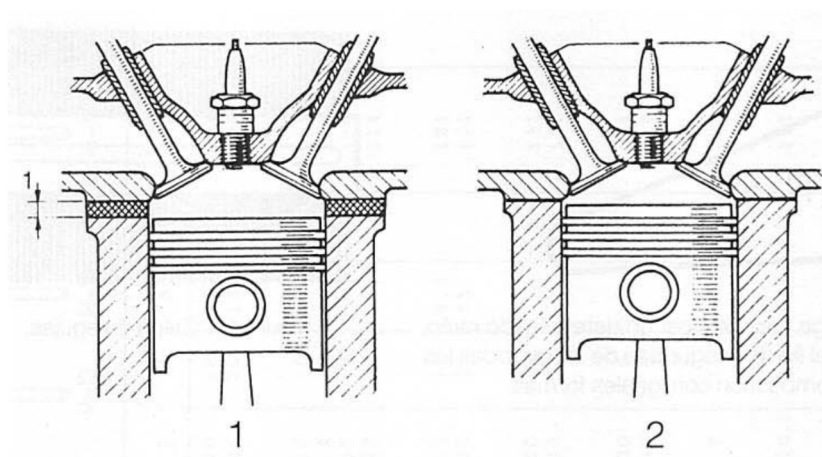
Existen varios procedimientos para asegurar que la modificación se haga de forma correcta:

### **3.1.5 Primer sistema: Rebaje del plano de la culata**

Es usado mas frecuentemente y consiste en rebajar el plano de la culata, al quitarle material a la base de las camaras, estas reducen su volumen (ver figura 22). En el caso del dibujo 1 se puede ver la forma original del motor y su cámara y en el dibujo 2 se observa el resultado de rebajar el plano de la culata (1). Por este procedimiento se acerca mas el cilindro a la cámara de compresión disminuyendo su volumen.

Esta actividad se realiza posterior al calculo del volumen de la nueva cámara como se observa en el apartado “Tablas de calculo”.

**Figura 22 Método de rebajado de material de la culata**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 148

La solución de rebajar el plano de la culata no es la más aconsejable, sobre todo cuando se trata de cámaras que disponen de una geometría irregular, pues se corre el riesgo de acentuar puntos calientes que provoquen detonaciones. Por eso es recomendable usarla solo cuando existan cámaras hemisféricas o similares. De existir cámaras con formas irregulares se debe tener en cuenta redondear los bordes para evitar aristas.

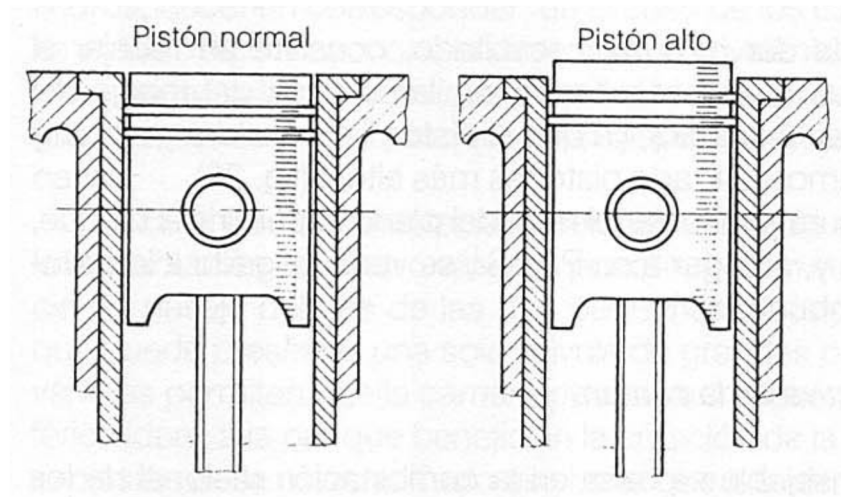
### **3.1.6 Segundo sistema: Pistones de mayor altura<sup>6</sup>**

Otra posibilidad a tener en cuenta es el uso de pistones de mayor altura de compresión, es decir, con la distancia entre el eje del bulón y la parte más alta de la cabeza de dimensiones mayores a la de pistones normales. (Ver figura 23)

---

<sup>6</sup> Tomado de: Biblioteca del Automóvil "Preparación de Motores de Serie Para Competición", Autor: Stefano Gillieri, Página 150

**Figura 23. Comparación de un pistón normal vs pistón alto**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 149

De esta forma la cabeza del pistón se introduce a la cámara de combustión y reduce el volumen de esta sin afectar demasiado los movimientos de turbulencia previstos por el diseñador.

### **3.1.7 Tercer sistema: Rebaje del plano del bloque**

Otra posibilidad que puede dar muy buen resultado, consiste en rebajar el plano superior del bloque, que da resultados similares a rebajar el plano de la culata, pero sin afectar la cámara, ya que como consecuencia el pistón sobresaldrá en la cámara igual que si estuviéramos usando pistones altos.

### **3.1.8 Cuarto sistema: Reducción selectiva de la cámara**

El procedimiento más aconsejable se basa en la combinación racional de los tres sistemas antes mencionados, es decir, proyectar perdidas del volumen de las cámaras uniendo entre sí estos tres sistemas.

Al reducir el volumen de la cámara de combustión aumentamos la potencia y el rendimiento del motor, pero también aumentamos las presiones internas de los cilindros y muchas veces el régimen de giro y la velocidad del pistón sobre las paredes del cilindro. En consecuencia, aumentamos el esfuerzo de reacción de las piezas fijas (cilindro y culata).

Por ejemplo si para obtener un aumento de potencia se precisa rebajar el volumen de la cámara en una medida de 2mm, y lo hacemos solamente rebajando de la culata el material total, sacrificamos mucho más la resistencia de la culata que si operamos combinando la ganancia de estos 2 mm entre el rebaje de la culata, el plano del bloque y la introducción de pistones altos; todo ello en partes proporcionalmente adecuadas a la estructura y espesor de las paredes de cada elemento.

### 3.2 LAS VÁLVULAS: SUS ASIENTOS Y GUÍAS<sup>7</sup>

Conseguir que por la cámara de combustión circule la mayor cantidad posible de mezcla explosiva es una buena forma de aumentar la potencia del motor. Los conductos por los que pasa la mezcla, y que se hallan controlados por la acción de las válvulas son elementos en los que se debe trabajar a fondo.

La mayor circulación de gases frescos depende del diámetro que posean las copas o cabezas de las válvulas de la culata, pues de allí depende la mejor “respiración” de cada cilindro, así como la cantidad y velocidad de los gases que circulan en la cámara.

Las dimensiones optimas que deberían poseer las valvulas de un motor de combustión interna para efectuar el mas completo llenado y vaciado de los cilindros, deberían corresponder para el caso de cilindros con dos válvulas, a un valor incluso mayor que la dimension equivalente al radio del cilindro. Para motores con camaras hemisfericas es dificil poder instalar valvulas tan grandes por la falta de espacio (ver figura 24).

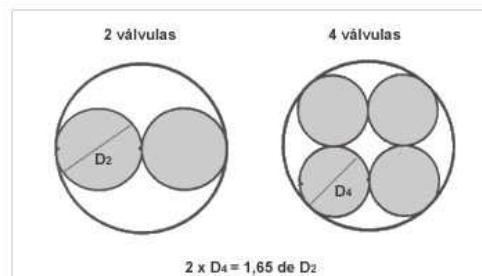
Con el fin de aumentar la superficie resultante de paso de gases, se acude al uso de cuatro valvulas por cilindro, pues la suma de la superficie de pasaje del gas de dos valvulas pequeñas resulta ser superior a la superficie de una sola valvula grande. Las cuatro valvulas permiten que la cámara tenga forma parecida a una hemisferica y además benefician la creación de turbulencia durante el ciclo de

---

<sup>7</sup> Tomado de: Biblioteca del Automóvil “Preparación de Motores de Serie Para Competición”, Autor: Stefano Gillieri, Página 151

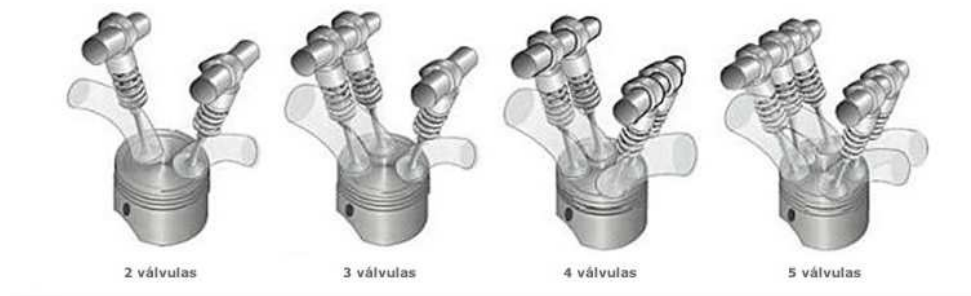
expansión. Así es que los motores de cuatro valvulas son los preferidos para competición (Ver figura 25).

**Figura 24. Distribución geométrica de un cilindro dos válvulas vs cuatro válvulas**



Tomada de <http://www.aficionadosalamecanica.net/multivalvulas.htm>

**Figura 25. Comparativo número de válvulas por cilindro**



Tomada de <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

Podemos realizar algunas actividades practicas en las valvulas que permitan mejorar su desempeño.

### **3.2.1 Recorte de asientos de valvula:**

Consiste principalmente en ajustar los diametros de las guias de las valvulas antiguas del motor al igual que el asiento de las valvulas originales van siendo modificados con ayuda de herramientas especializadas de corte (mandriles con escariador, fresas, brocas, etc) para lograr llevar la profundidad del corte como máximo a 4,5 o 5 mm que es el equivalente al espesor que tienen las valvulas de tipo comercial.

Una vez eliminado el asiento de valvula original se debera tener en cuenta el mayor grosor del nuevo asiento de valvula que será instalado, para eso será uso de un asiento de valvula postizo el cual debe estar hecho a una medida mayor del alojamiento donde estará instalado. Por lo general, estan en el orden de 5 a 7,5 centesimas de milimetro mas que el diametro del alojamiento donde se insertan.

Para su montaje se debe limpiar muy bien la zona mecanizada para evitar residuos que interfieran con el asiento a medida, para ello se enfria la pieza por debajo del punto de congelación y se procede a calentar el material alrededor del orificio recimiente hecho en la culata hasta cerca de los 130° C, para luego insertar en dicho agujero la pieza y lograr un mejor calce del asiento en la culata.

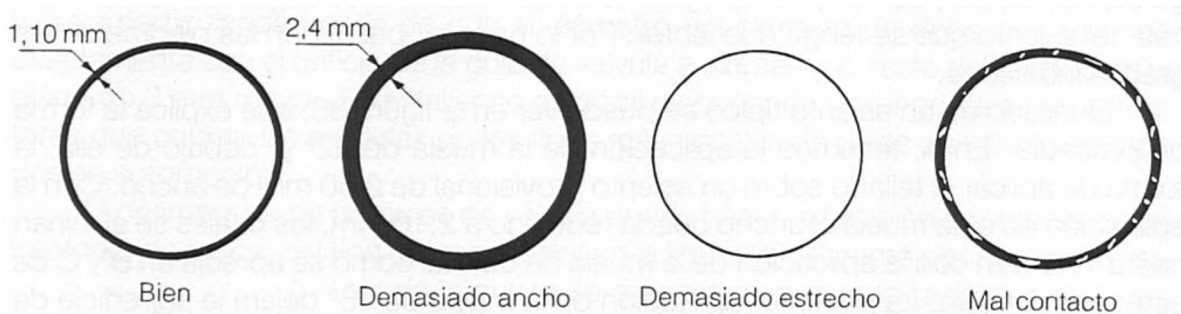
Asi mismo ocurre con el anillo del asiento de valvulas el cual despues de ser enfriado se ubica bien centrado en su posicion en la culata a espera de que al presentarse el intercambio termico de las piezas enfriadas con respecto a la culata formen un sello a gran presión con la culata.



### 3.2.2 Fresado de los asientos de válvula:

Con el fin de darles angulos correctos al centrado de la válvula y crear zonas de contacto entre las piezas que sean correctas, se realiza mediante fresas de corte en agulo según sea el caso. Una vez elegido el angulo correcto y la fresa adecuada, se procede a rebajar una porcion del asiento la cual no debe ser ni inferior ni superior a 1,1 mm (Ver figura 26).

**Figura 26. Representación de las zonas de contacto o pisado de una válvula con respecto a su asiento**



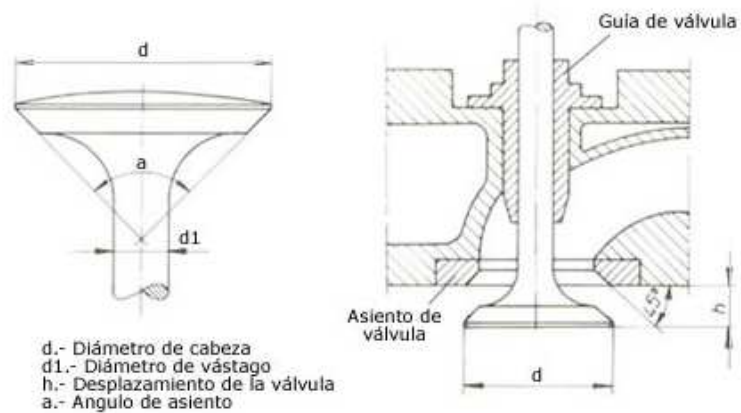
Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 157

La razón para mantener esta medida es que en motores de tipo comercial se mecanizan las válvulas con (1º) un grado de diferencia con respecto a la inclinación del asiento, con lo cual se ahorra la operación de esmerilado, pues las válvulas así obtenidas ofrecen un cierre perfecto de la cámara de combustión y logrado esto, se puede abaratar el producto. Pero los problemas surgen al funcionar el motor, debido a que las válvulas, especialmente las de escape, no pueden enfriarse a través del asiento (la temperatura de la cabeza alcanza los 700 °C aproximadamente) y con

ello empieza la deformación y posteriores fugas en la cámara de combustión generando un deficiente rendimiento general del motor<sup>8</sup>.

Se debe tener en cuenta de no superar los 1,1 mm de espesor de la pieza, pues se originarían problemas con el cierre de las válvulas.

**Figura 27. Dimensiones de las válvulas**



Tomada de <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

Por ultimo una función final del fresado es reducir las zonas de contacto demasiado anchas de algunos asientos de valvula.

<sup>8</sup> Tomado de: Biblioteca del Automóvil "Preparación de Motores de Serie Para Competición", Autor: Stefano Gillieri, Página 156

### **3.2.3 Extracción de las guías de válvulas:**

Se debe realizar esta sustitución para lograr el montaje de una guía de mayor dimensión que se ajuste a una válvula de mayor dimensión a las que equipan los motores de serie. Confirmando que el diámetro interno posea un ajuste a la cola de la válvula, entre la guía y la cola debe existir una tolerancia que se debe encontrar alrededor de:

- Válvulas de escape (0,10 mm para motores de serie y 0,15 para motores más ajustados que desarrollan mayores temperaturas)
- Válvulas de admisión (0,07 a 0,09 mm)

Las guías de las válvulas tienen gran importancia a pesar de su aparente simplicidad, las guías deben tener ciertas características para que el motor funcione con regularidad.

La primera, que estén construidas con un material de gran resistencia a la fricción, ya que se ven sometidas a un régimen medio de 3000 fricciones por minuto cuando un motor funciona a 6000 rpm.

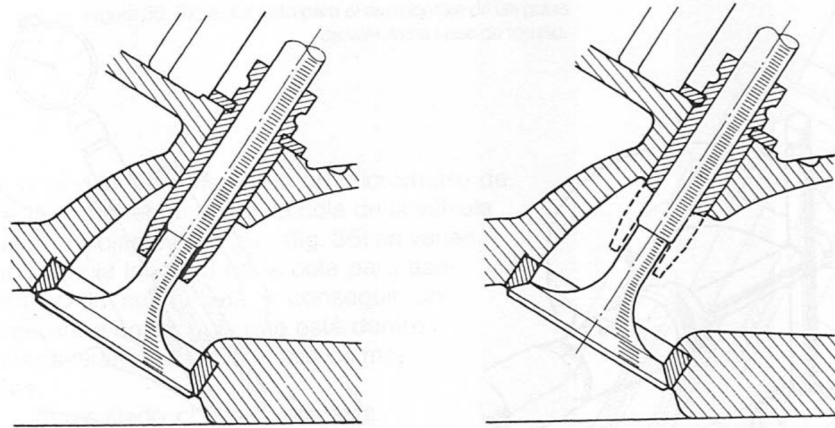
La segunda se relaciona con el hecho de que son los únicos elementos que presentan una superficie de contacto de cierta importancia con las válvulas, así que por medio de ellas se logra la refrigeración, por ello las guías deben estar elaboradas en materiales con alta conductividad térmica.

Por último, las guías deben tener propiedades auto lubricantes ya que esta área entra en contacto con vapores de aceite que se filtran entre el vástago y la guía desde la parte alta de la culata.

En los motores de competencias las guías de válvula deben estar elaboradas con materiales que cumplan con las características enunciadas, por ello se eligen aleaciones de hierro fundido al cromo-vanadio, bronce al cromo-vanadio o bronce al cromo materiales en forma de barras de variadas dimensiones (entre 50 y 70 cm), de allí que las guías en los motores de serie se adentran en el interior del conducto aproximadamente un  $\frac{1}{4}$  de su longitud, esto se da por lo que los fabricantes desean alargar la vida de las guías y los vástagos de las válvulas al estar menos expuestas a las altas temperaturas de la combustión.

Es así como en motores de competencia se utilizan válvulas de mejores materiales o la solución más práctica es recortar los extremos de la salida de las guías, disminuyendo con ello la desaceleración de los gases de admisión causado por el material de la guía, con este recorte de material se debe mejorar la respiración del motor y por ende la obtención de mayor potencia.

**Figura 28. Guía de válvula original y recortada**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 162

### **3.3 LOS CONDUCTOS DE ADMISIÓN Y ESCAPE**

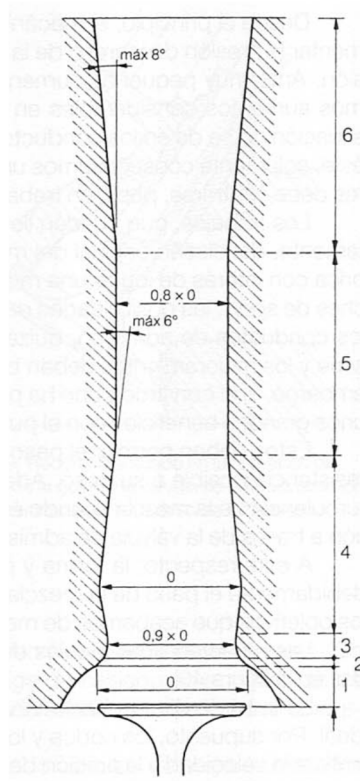
El último tema a tratar cuando se interviene la culata del motor si se busca un aumento del desempeño se relaciona con los conductos internos de admisión y escape. Es por eso que lo más importante que se debe lograr es reducir la velocidad de los gases que entran por la(s) válvula(s) de admisión al interior de la cámara y a su vez buscar aumentar la presión de admisión de estos gases a la cámara de combustión. Los pequeños aumentos de la presión se traducen en importantes aumentos en la potencia del motor.

Pero esta actividad depende del diseño original del motor de serie en especial aquellos motores en los cuales pueden obtenerse unos grandes beneficios con el pulido y recortado de los conductos de admisión. Y lograr que la mezcla pase a mayor velocidad y con la menor resistencia posible.

### **3.3.1 Características ideales de un buen conducto de admisión:**

- Entrada directa hacia la válvula de admisión
- Reducir la cantidad de codos y cambios de dirección en la mezcla para evitar pérdidas de velocidad y presión.
- El conducto de admisión no debe ser por completo cilíndrico, por el contrario si dispone de varios tipos de conicidades la mezcla mejora su rendimiento a la par del cierre y apertura de válvulas.
- Considerar el diámetro de la válvula, las medidas y formas de los distintos perfiles como se observa en la figura 29.
- Mantener el diámetro de la válvula de admisión permite que la función del Vénturi o difusor al mantener alta presión y el volumen adecuado de la mezcla entrante.
- La forma cónica del área (6) es importante para aumentar la velocidad de los gases que pasan por el área (5). La zona (4) permite un momentáneo almacenamiento de la mezcla mientras la válvula está cerrada.

**Figura 29. Condiciones ideales del conducto de admisión.**



(D) Diámetro de la válvula, (1) cámara de combustión, (2) asiento de la válvula, (3) embocamiento del conducto, (4) Zona de ampliación del conducto en forma troncocónica, (5) zona cilíndrica, (6) zona cónica de entrada.

Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 164

En la práctica los motores de serie no poseen culatas con estas formas por motivos de consumo, mecanizados y los espacios reservados para el paso de refrigerante, aceite y orificios de los pernos entre otros. Por eso se debe ajustar la culata de que se dispone a las medidas vistas con respecto al conducto de admisión.

### **3.3.2 La Turbulencia de los gases.**

Con el ingreso de la mezcla en el interior del cilindro es importante para todo tipo de motor que la combustión se produzca en el menor tiempo posible. Facilitando que el motor pueda alcanzar un mayor número de rpm, demostrando una mayor extracción de energía de la mezcla.

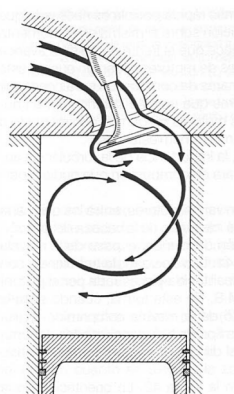
Para lograr que la mezcla se queme de forma rápida se debe lograr que tenga un movimiento intenso de revolución hasta el momento en que salte la chispa de encendido, de allí parte el principio del diseño de los motores modernos donde lo fundamental es el flujo turbulento de la mezcla, por eso la importancia de las cámaras hemisféricas.

En la formación de la turbulencia intervienen factores, entre los que cabe destacar el conducto de admisión y la forma de la cámara o de la cabeza del pistón. En el tiempo de admisión, mientras el pistón desciende, el paso de la mezcla puede producirse como se muestra en la figura 30. La velocidad de turbulencia con la que penetra la mezcla en el cilindro debe ser mantenida y acelerada por el pistón, durante su carrera de compresión, hacia el P.M.S. de esta forma, cuando salta la chispa, la velocidad residual de desplazamiento de la mezcla comprimida facilita la instantánea inflamación de toda la mezcla. Esta turbulencia podría denominarse de “caída” pues se mantiene en un sentido vertical, de arriba hacia abajo del cilindro.



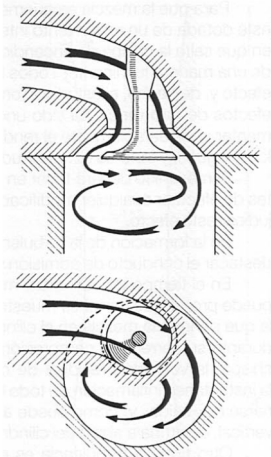
Otro tipo de turbulencia se muestra en la figura 31. La orientación de la mezcla en la parte alta del cilindro hace que esta turbulencia se mantenga especialmente en un plano horizontal, de modo que se transfiere así a través de la succión dada por el pistón en el tiempo de admisión y sube en estos planos horizontales hasta el final de la compresión y de la explosión o salto de chispa. Se trata, de una turbulencia en forma de remolino y se considera como una turbulencia horizontal<sup>9</sup>.

**Figura 30. Turbulencia vertical.**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 166

**Figura 31. Turbulencia horizontal.**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 166

---

<sup>9</sup> Tomado de: Biblioteca del Automóvil "Preparación de Motores de Serie Para Competición", Autor: Stefano Gillieri, Página 165

### 3.3.3 Trabajos en los conductos de admisión

Un factor importante para el inicio de los movimientos de turbulencia del motor se relaciona con la orientación de la mezcla desde los conductos de admisión. Si lo que se busca es un aumento de potencia y régimen de giro de forma inmediata la solución mostrada en la figura 29 es la más ajustada. Pero todo está determinado por el tipo de culata que se utilice, a veces en culatas de serie es posible labrar una admisión directa.

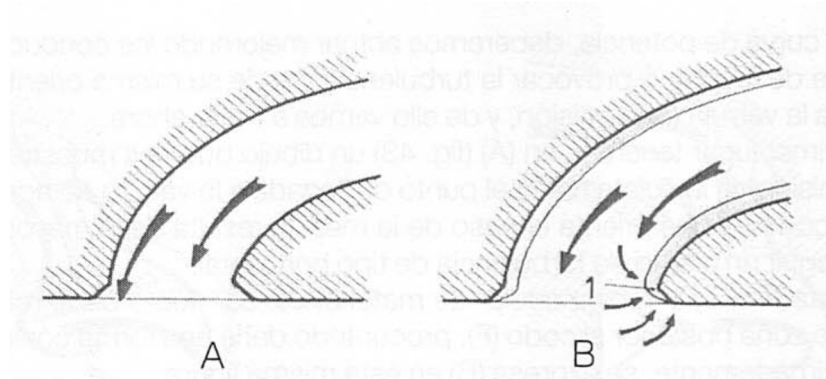
El rebaje del material de los conductos de admisión debe ser bien estudiado y no hacerlo de forma improvisada, en la figura 32 se observa un conducto de admisión que al ser recortado de forma excesiva y brusca en la parte de salida del asiento (1) se formarían aquí algunas pequeñas turbulencias indeseables y contraproducentes con respecto a la turbulencia horizontal o vertical de que disponga el motor.

El rebaje adecuado de este tipo de conductos será más eficaz si se realiza de la forma que muestra la figura 33, para mantener y potenciar de este modo el efecto de turbulencia horizontal o vertical que posea el motor<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Tomado de: Biblioteca del Automóvil "Preparación de Motores de Serie Para Competición", Autor: Stefano Gillieri, Página 167

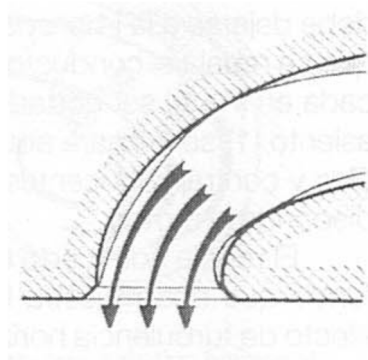
**Figura 32. Disposición de un conducto de serie**



En (A).y En (B) recortado de esta sección (parte tramada) excesivo e inadecuado. En la zona (1) se producen torbellinos que perjudican el paso de la mezcla en turbulencia.

Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 168

**Figura 33. Rebaje correcto del conducto de serie**



(A) de la figura 32, en donde no existe peligro de formación de torbellinos perjudiciales.

Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 168

Además de lo realizado en el conducto de admisión hay que tener en cuenta las posibles modificaciones en la cámara de combustión por medio de las cuales se puede aumentar los efectos de turbulencia. Por eso en las cámaras de paredes más

o menos cilíndricas, suelen dar como resultado un aumento de par y la mejora del motor en bajas revoluciones aunque a veces no se noten efectos en la potencia.

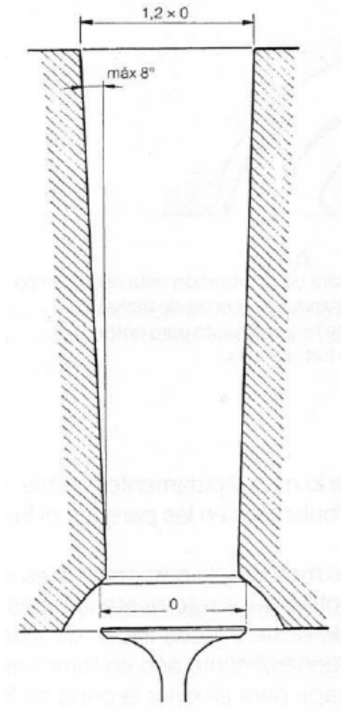
Por el contrario, cuando se realiza en motores con cámaras hemisféricas, el efecto es inverso, un aumento de potencia reduce el par más bajo del motor a mayores rpm.

#### **3.3.4 Los conductos de escape**

En estos conductos lo que interesa es que el gas quemado salga lo más rápido posible y por tanto que de ningún modo se produzcan turbulencias en las paredes ni freno para su salida.

Un tipo de conducto de escape muy típico en motores de competición es el mostrado en la figura 34.

**Figura 34. Conducto de escape**



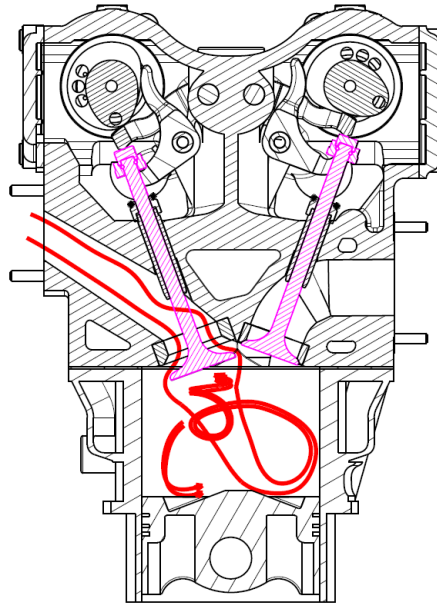
Conducto de escape ideal mostrando su forma cónica y las características del mismo. (D) diámetro de la válvula de escape.

Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 170

La forma cónica del conducto a partir de la válvula de escape, inicia de esta forma una pérdida de velocidad en los gases, en especial en forma de llama que pueden ser contenidos en el colector de escape.

La disposición del conducto de escape resulta más conveniente en posición acodada que directa, en la combinación del conducto de admisión y escape especialmente para los motores de competición.

**Figura 35. Disposición correcta de los conductos de admisión y escape**



Disposición correcta de los conductos de admisión y escape en un motor de competencia.

Admisión (lado izquierdo), Escape (Lado derecho).

Tomada de <http://www.planete-ducatti.com/forum/index.php?topic=35551.450>

### **3.4 LOS PERNOS DE FIJACIÓN DE LAS CULATAS**

Con los trabajos realizados a la culata y que fueron estudiados en los anteriores apartados, se logra un importante aumento de potencia y mejora del motor para su uso en competencias. Con ello supone un aumento considerable de las presiones que deberá soportar el interior de la culata.

Es por eso que uno de los puntos que podría presentar fallas es el sistema de fijación de la culata al bloque. Al tener como meta reforzar los pernos de fijación.

En los motores los orificios de paso de los pernos de fijación tienen un diámetro superior en 1,5 mm al diámetro exterior de los pernos. Para evitar que los pernos se atasquen en los orificios de paso motivados por un incorrecto apriete, causando una pérdida de estanqueidad en el empaque de la culata. Igualmente se debe hacer para los pernos de los apoyos de ejes de levas y en algunos motores de ejes de balancines.

### **3.5 LAS VALVULAS Y SUS RESORTES**

Ahora se debe profundizar en el estudio de las válvulas y sus sistemas de accionamiento y poder conseguir un mayor rendimiento de estos componentes, adicionales a los observados con anterioridad en cuanto a la posición de las válvulas en las cámaras y los conductos de los gases.

#### **3.5.1 Las Válvulas.**

El aumento de potencia de un motor se relaciona con un mayor consumo de mezcla, pero este mayor consumo se debe aprovechar y evitar desperdicio de mezcla que escapa sin quemarse hacia la atmosfera.

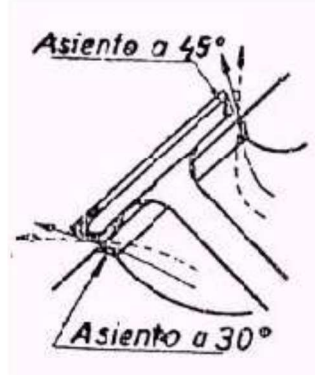
Lo principal es conseguir el llenado de los cilindros en menor tiempo durante el ciclo de admisión, basándose en las dimensiones y geometría de las válvulas pero lo mismo deberá suceder con los gases de escape los cuales deberán salir a la mayor

brevedad posible para evitar que los gases encuentren obstáculos y puedan originar contra presiones.

Para mejorar las válvulas se recurre a tres clases tipos de actividades:

- A. Aumento de diámetro: viene limitado por el tamaño de la cámara de combustión y no debería exceder en 1mm a las válvulas originales a no ser que se busque convertir al motor para uso en competencias.
- B. Modificación al ángulo de apoyo: las válvulas de serie tienen asientos a  $45^\circ$  por ser un ángulo que permite un cierre efectivo pero con el inconveniente de forzar los gases direccionalmente. Si por el contrario, se utiliza un ángulo a  $30^\circ$  es más complicado para mantener la estanqueidad y como ventaja una rápida circulación de los gases.

**Figura 36. Inclinaciones típicas de los asientos de válvula.**



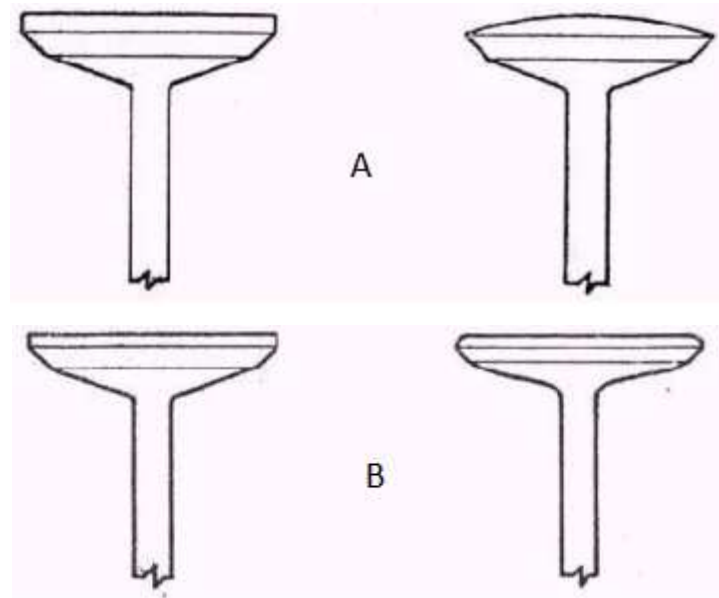
Tomada de Guía de trucaje de un motor Página 8

- C. Modificaciones al peso: al tratar de hacer mover los componentes del motor a altas revoluciones, el peso de las válvulas tiene importancia, por ello es



importante buscar reducirlo en forma adecuada, casi siempre en el material de la cabeza, rebordeando sus bordes que también permite la entrada más ágil de los gases a la cámara de combustión.

**Figura 37. Tipos de modificación al peso de las válvulas**



Tipos de modificación al peso de las válvulas. (A) Válvula con cabeza torneada en sus bordes (B) Válvula con cabeza torneada en todo su plano y reducción en la anchura de su asiento.

Tomada de Guía de trucaje de un motor Página 8

Importante: Como se observa en los cálculos más adelante, para lograr que un motor con características de serie pueda tener prestaciones de un motor de competencia no solo basta con cambiar por válvulas más grandes sino además se debe tener en cuenta que la forma de la cámara de combustión permita ubicar asientos más grandes para estas válvulas más grandes.

### 3.5.2 Resortes de las válvulas.

La función específica de los resortes de las válvulas consiste en mantener estas fuertemente apoyadas sobre sus asientos en aquellas partes del ciclo en las que deben estar cerrados los conductos. Esto exige que el resorte de la válvula de escape cuando este en posición de reposo, ejerza como mínimo, una fuerza que se equilibre con la depresión producida en el cilindro durante el tiempo de admisión<sup>11</sup>.

Dicha depresión depende de la velocidad del motor, el diámetro del cilindro, funcionamiento de la válvula y conducto de admisión, pudiéndose mencionar que la presión de la mezcla esta por el orden de los 0.6 kg/cm<sup>2</sup>.

Por eso es importante tener en cuenta que los resortes utilizados logren contraponerse a las fuerzas de inercia sin superar a estas demasiado, pues de lo contrario generan que las válvulas se choquen con sus asientos al momento del cierre al igual que la presencia del efecto de rebote sobre los asientos. Sumado a lo anterior esta la fuerza excesiva que deben ejercer los mecanismos de accionamiento de las válvulas y poder mover resortes excesivamente tensos, generando una pérdida de potencia para el motor, dificultad al momento del arranque y un rápido desgaste de los elementos de empuje desde el árbol de levas hasta los balancines entre otros.

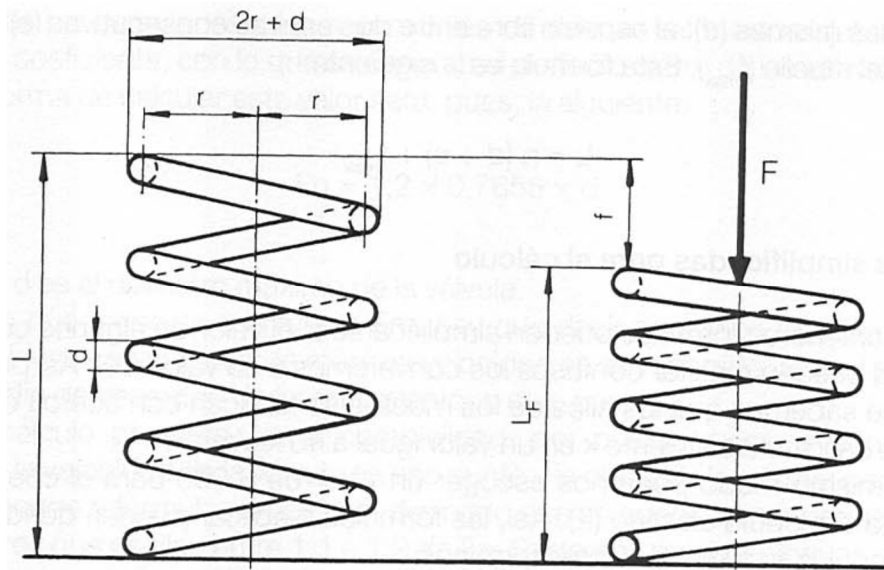
Se debe tener en cuenta respecto a los resortes de válvula utilizar los más débiles posibles, es decir aquellos que se encuentren apenas por debajo del límite de

---

<sup>11</sup> Tomado de: Biblioteca del Automóvil "Preparación de Motores de Serie Para Competición", Autor: Stefano Gillieri, Página 186

cumplir con toda perfección su acción de cierre de las válvulas si poseen las dimensiones y el diámetro adecuado de sus hilos.

**Figura 38. Dimensiones a tener en cuenta para el cálculo de los resortes de válvula.**



Dimensiones a tener en cuenta para el cálculo de los resortes de válvula. (®) radio medio de las espiras. (d) diámetro del alambre. (f) flecha o flexión del resorte bajo una carga determinada. (F) carga sobre el resorte. ( $L_f$ ) longitud restante bajo una carga F. (L) longitud total o libre del resorte.

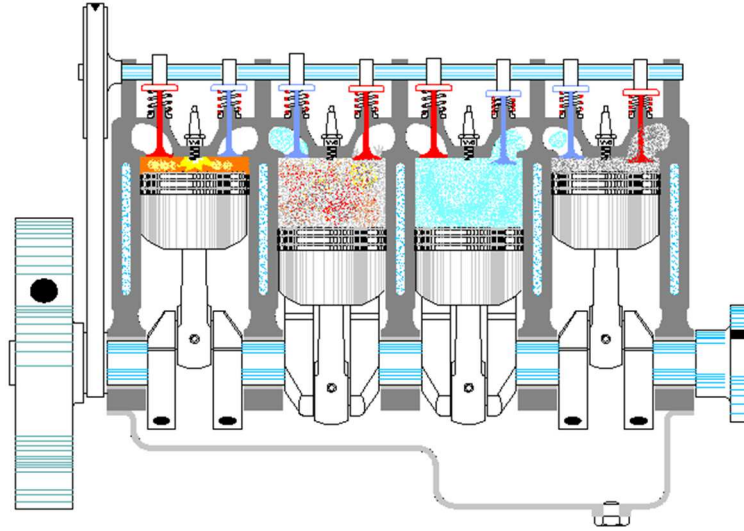
### 3.6 EL EJE DE LEVAS

Tabla 5. Especificaciones Eje de levas Mazda 626

Eje de levas			
Especificaciones			Motor F8
Descentramiento del árbol		mm (pulg.)	0.03 (0.0012) o menos
Altura del perfil de la leva mm (pulg.)	Normal	Admisión	38.157 (1.5022)
		Escape	38.160 (1.5024)
	Mínimo	Admisión	37.96 (1.494)
		Escape	37.96 (1.494)
Desgaste en los muñones (sentido X e Y)		Nº 1, 5	31.940 – 32.035 (1.2575 – 1.2612)
		Nº 2, 3, 4	31.910 – 32.065 (1.2563 – 1.2624)
Descentramiento del eje de levas		mm (pulg.)	0.05 (0.002) o menos

Se debe tener presente que el eje de levas y los demás componentes que intervienen en el proceso de ingreso y salida de la mezcla o sistema de distribución trabajan interconectados para lograr que los tiempos de un motor de combustión interna (normalmente cuatro tiempos) actúen en forma consecutiva en cada cilindro y a su vez se presenten todos ellos en un mismo momento al interior del motor. Así mismo se puede lograr optimizar aún más las mejoras que se hayan realizado a las cámaras de combustión y a las válvulas con un llenado más eficiente y sincronizado de los cilindros y por ende de las cámaras.

**Figura 39. Esquema de los ciclos de un motor en línea de cuatro cilindros.**



Tomada de <http://laplace.us.es/wiki/images/e/eb/Motor-explosion.gif>

Lo principal a tener en cuenta se relaciona con la apertura a tiempo de las válvulas las cuales solo lo hacen por el correspondiente perfil de levas las cuales permiten el ingreso o salida de los gases en un momento dado, ni antes ni después. Es por ello que la modificación en los perfiles de las levas es una actividad común cuando se busca ampliar u optimizar el periodo que las válvulas permanecen abiertas para lograr un mejor flujo de los gases, especialmente de la mezcla aire-combustible lo que influye sobre el rendimiento, la velocidad de giro y la potencia del motor.

Pero como es bien sabido las válvulas no comienzan su apertura de forma instantánea sino hasta recorrer el perfil de la leva y aproximadamente a media carrera del pistón la válvula abre por completo (ver figura 40). En donde las líneas verticales de distribución corresponden a  $10^\circ$ , las flechas indican el movimiento de la válvula y el espacio restante es el de la mezcla que penetra en el cilindro durante el tiempo de admisión. La zona tramada equivale al tiempo durante el cual la válvula impide la entrada de la mezcla.

**Figura 40. Grafico del levantamiento de una válvula**

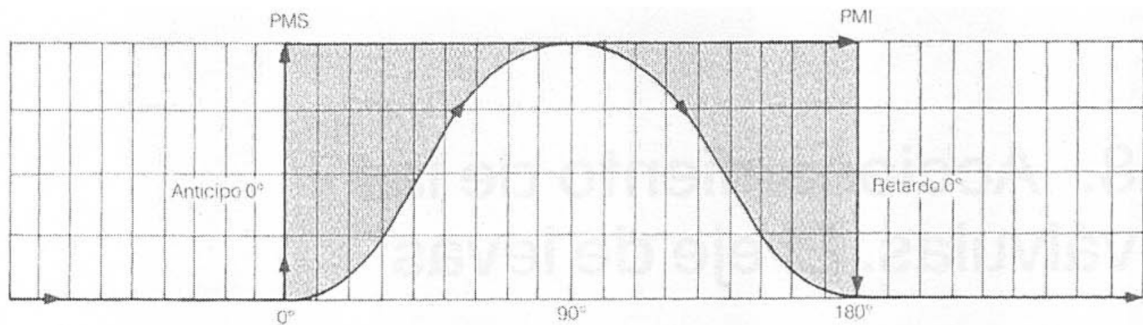


Grafico del levantamiento de una válvula cuando actúa solamente 180° en una interpretación teórica del diagrama. La parte tramada de la superficie representa el tiempo en que el gas no puede entrar al interior del cilindro.

Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 200

Por eso es importante la disposición de las levas para permitir a las válvulas que se abran antes que el pistón inicie su recorrido final al P.M.I. y lo mismo de regreso para que no se cierre antes de comenzar el ascenso al P.M.S. y poder aprovechar la inercia de los gases generada por el movimiento del pistón.

**Figura 41. Grafico de una válvula con apertura anticipada**

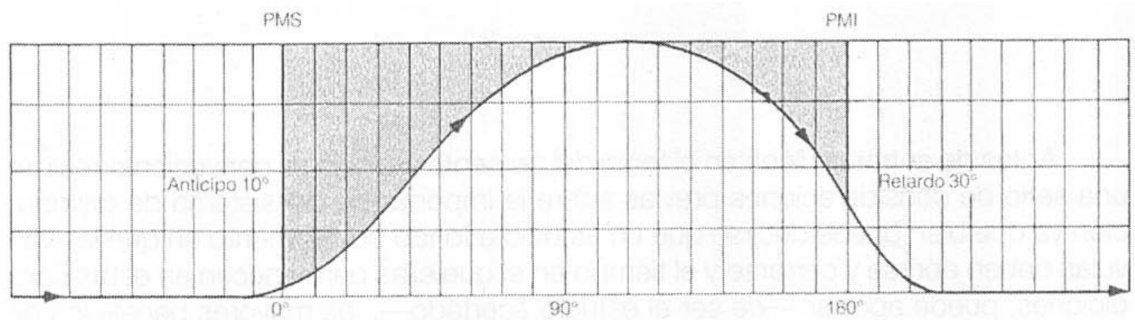


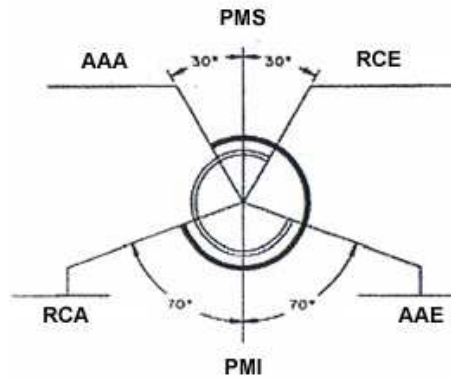
Gráfico de una válvula con apertura anticipada 10° y retardada 30°, el rendimiento del motor ha aumentado considerablemente, pues el tiempo de entrada de la mezcla hacia el cilindro ha sido notablemente aumentado.

Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 200

Generalmente, los ejes se denominan de acuerdo con sus valores de avance y retraso, se nombra primero la admisión comenzando por el AAA (Avance Apertura Admisión), luego RCA (Retardo Cierre de Admisión) seguido del AAE (Avance Apertura de Escape) y terminando por el RCE (Retraso Cierre de Escape).

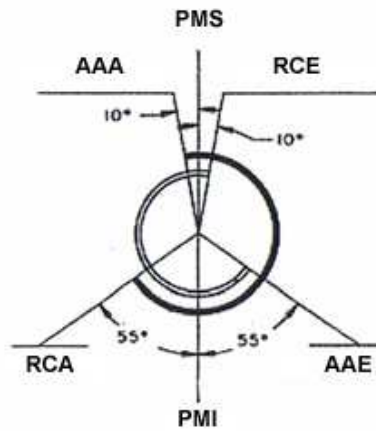
Para observar la disposición del motor en los distintos movimientos de apertura y cierre, representando los grados de giro del cigüeñal en los cuatro tiempos del motor los cuales se grafican en un diagrama de distribución (ver figuras 42 y 43)

**Figura 42. Diagrama de distribución real de un árbol de levas de competición de 280°.**



Tomada de <http://www.marcoracing.com/motor/arboles-de-levas-Schrick.asp>

**Figura 43. Diagrama de distribución real de un árbol de levas estándar de 245°.**



Tomada de <http://www.marcoracing.com/motor/arboles-de-levas-Schrick.asp>

La permanencia de una leva es el intervalo en grados del cigüeñal que permanece abierta una válvula. Estas permanencias vienen medidas por:

- Permanencia de Admisión =  $AAA + RCA + 180^\circ$



- Permanencia de Escape = AAE + RCE + 180°

En Angulo de cruce u overlap será:

- Overlap = AAA + RCE

### **3.6.1 Influencia de los Avances y Retardos en el motor**

Teniendo en cuenta lo hablado anteriormente sobre el manejo de la mezcla de combustible, ahora se analizará cómo influye o afecta el tiempo que tardan los gases en ingresar al cilindro mientras la válvula permanezca abierta.

Existiendo un inconveniente al momento en que el pistón alcanza el P.M.S. donde su velocidad es mínima haciendo que la succión producida por depresión sea muy reducida.

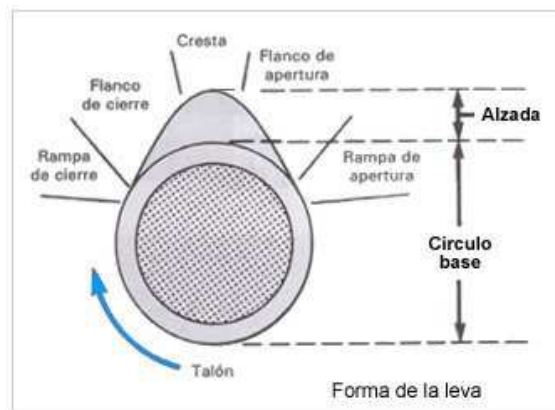
Comúnmente se adelanta el momento de abertura de la válvula de admisión para permitir la entrada de los gases en el momento que el pistón lo requiera, sumado al retraso en el cierre de admisión, se logra que los gases posean un flujo propio que durante cierto tiempo son más fuertes que el pistón mismo y así permitir que la válvula de admisión se cierre cuando el pistón supere esta condición.

En relación a la válvula de escape el adelantar su apertura ayuda a la evacuación más rápida de los gases desechados y a evitar contrapresiones sobre el pistón.

### 3.6.2 Perfil de las levas

Por medio de la forma o contorno de las levas o excéntricas se pueden realizar modificaciones importantes en la alza de las válvulas, la velocidad y tiempo de apertura y cierre.

**Figura 44. Forma típica de las levas.**



Tomada de <https://sapolander.wordpress.com/valvulas-en-motores-de-cuatro-tiempos/>

## Tabla de Cálculos.

Datos obtenidos por medición:

Diámetro de los cilindros: 86 mm = 8.6 cm (desviación + ó – 1.5 mm)

Carrera del pistón: 77 mm = 7.7 cm (desviación + ó – 1 mm)

Volumen de los cilindros:

$$Area\ cilindro = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$Area\ cilindro = \frac{\pi \times (8.6\ cm)^2}{4}$$

$$Area\ cilindro = 58.08\ cm^2$$

$$Volumen\ cilindro = 58.08\ cm^2 \times 7.7\ cm = 447.2\ cm^3$$

---

V: Volumen del cilindro = 447.2 cm<sup>3</sup>

v: Volumen de la cámara de combustión

Rc: Relación de compresión = de 8.8 a 9.5 aproximadamente (promedio de 9.2)

$$Rc = \frac{V + v}{v}$$

$$v = \frac{V}{Rc - 1}$$

$$v = \frac{447.2\ cm^3}{9.2 - 1} = 54.5\ cm^3$$

---

Calculo para el aumento de la relación de compresión en motores sin modificación en cámaras

$$h = \frac{L}{Rc1 - 1} - \frac{L}{Rc2 - 1}$$

h = Altura o espesor del empaque de culata

L = carrera del cilindro

Rc1 = Relación de compresión inicial promedio

Rc2 = Relación de compresión final

$$h = \frac{77}{9,2 - 1} - \frac{77}{10,5 - 1}$$

$$h = 9,39 - 8,10 = 1,29 \text{ mm}$$

---

Calculo para conocer si el diámetro de la cabeza de la válvula se puede agrandar o si ya está en su límite máximo.

$$D = \sqrt{\frac{V \times rpm}{\pi \times v \times 750}}$$

D = diámetro de la válvula de admisión

V = volumen del cilindro en cm<sup>3</sup>

Rpm = revoluciones por minuto máximas que se pretende alcance el motor

π = numero pi

v = velocidad del aire en metros por segundo

750 es un coeficiente fijo

Nota: la velocidad del aire debe hallarse en los siguientes márgenes:

Para vehículos comerciales: De 50 a 55 m/seg

Para vehículos de rally: De 55 a 60 m/seg

Para vehículos de carreras: De 70 a 80 m/seg

$$D = \sqrt{\frac{447,2 \times 7000}{\pi \times 80 \times 750}}$$

$$D = 4,07 \text{ cm}$$

Como es conocido el diámetro máximo de cada válvula debe ser igual al radio del cilindro es decir  $86/2 = 43 \text{ mm} = 4,3 \text{ cm}$ .

---

Cálculos de los resortes de válvula.

Simplificando los valores de algunos coeficientes  $k = 40 \text{ kg/mm}^2$ , Modulo elástico  $E = 8000$

– Diámetro del alambre

$$d = \sqrt[3]{\frac{F \times r}{8}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{54 \times 11.45}{8}}$$

$$d = 4.22 \text{ mm}$$

– Flecha bajo carga

$n$  = número de espiras

$$f = \frac{64 \times n \times r^2}{1000 \times d}$$

$$f = \frac{64 \times 6 \times 11.45^2}{1000 \times 4.22}$$

$$f = 11.93$$

- Numero de espiras necesarias

$$n = \frac{1000 \times f \times d}{64 \times r^2}$$

$$n = \frac{1000 \times 11.93 \times 4.22}{64 \times 11.45^2}$$

$$n = 6$$

- Longitud del resorte en libertad

$$L = n (d + e) + f_{max}$$

$$L = 6 (4.22 + 3.325) + 11.93$$

$$L = 57.2$$

Calcular velocidad del embolo:

L = carrera del cilindro

n = régimen máximo de rpm

$$v = \frac{2 \times L \times n}{60}$$

$$v = \frac{2 \times 0.077 \times 5500}{60}$$

$$v = 14.11 \text{ m/s}$$

Para motores con velocidad en el embolo superior a 6 m/s, el diámetro de la cabeza de la válvula está comprendido entre 0.35 y 0.40 veces el diámetro del cilindro.

$$d = 0.4 \times D$$

$$d = 0.4 \times 86 = 34.4 \text{ mm}$$

Diámetro estándar válvulas de admisión: 31,5 mm

Diámetro estándar válvulas de escape: 27,6 mm

---

Calculo del tiempo del que dispone un motor para la entrada de los gases.

Motor estándar

$$\frac{5500 \text{ rpm}}{60} = 91,6$$

$$\frac{1}{91,6 \times 2} = 0,005 \text{ segundos}$$

Motor mejorado

$$\frac{7000 \text{ rpm}}{60} = 116,6$$

$$\frac{1}{116,6 \times 2} = 0,004 \text{ segundos}$$


---

Con los datos de las válvulas podemos deducir el levantamiento real de la válvula (Lv)

Relación de alzada de la leva (Al)

Brazo empujador (Be)

Brazo intermediario (Bi)

$$Lv = Al \times \frac{Be}{Bi}$$

$$Lv = 7,8 \times \frac{30}{20}$$

$$Lv = 11,7 \text{ mm de alzada}$$



## **4. EL BLOQUE DE CILINDROS**

### **4.1 PROCEDIMIENTOS**

1. Limpieza y desincrustado del bloque
2. pulido interior del bloque
3. Reforzado de la línea de bancada
4. Rectificado del plano de la superficie superior
5. Fileteado del bloque
6. Desmontaje de pernos, tapones y registros
7. Trabajos en las camisas de los cilindros

### **4.2 LIMPIEZA Y DESINCRUSTADO DEL BLOQUE**

Luego de haber desmontado todas las piezas móviles del bloque el motor requiere de una limpieza profunda y exhaustiva la cual tiene como fin remover los residuos abrasivos y virutas metálicas que pueda tener el motor

- Baño con detergente a base de tricloroetileno a 90° C
- Enjuagado con abundante agua
- Secado con aire comprimido
- Baño con una capa de aceite mineral para evitar oxidación de las piezas

### **4.3 PULIDO INTERIOR DEL BLOQUE**

El pulido de un bloque se realiza principalmente con el fin de dejar las paredes interiores de los cilindros lo más lisas posibles para así permitir que el aceite encargado de la lubricación y parte de la refrigeración circule de la manera más fluida posible y regrese al Carter para ser enfriada y de esta manera conserve mejor su viscosidad y sea más efectiva en sus funciones.

El procedimiento de pulido se realiza por lo general por medio de una muela portátil con el fin de dejar las paredes internas del bloque lo más lisas y uniformes que sea posible.

### **4.4 REFORZADO DE LA LÍNEA DE BANCADA**

2 Formas: tapetas inferiores y tapetas superiores

"Una de las maneras de aumentar la potencia de un motor es aumentar la presión efectiva; esto quiere decir obtener de la combustión unas presiones de mayor valor"<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> manual de motores pg 35

Para llevar a cabo esas modificaciones es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

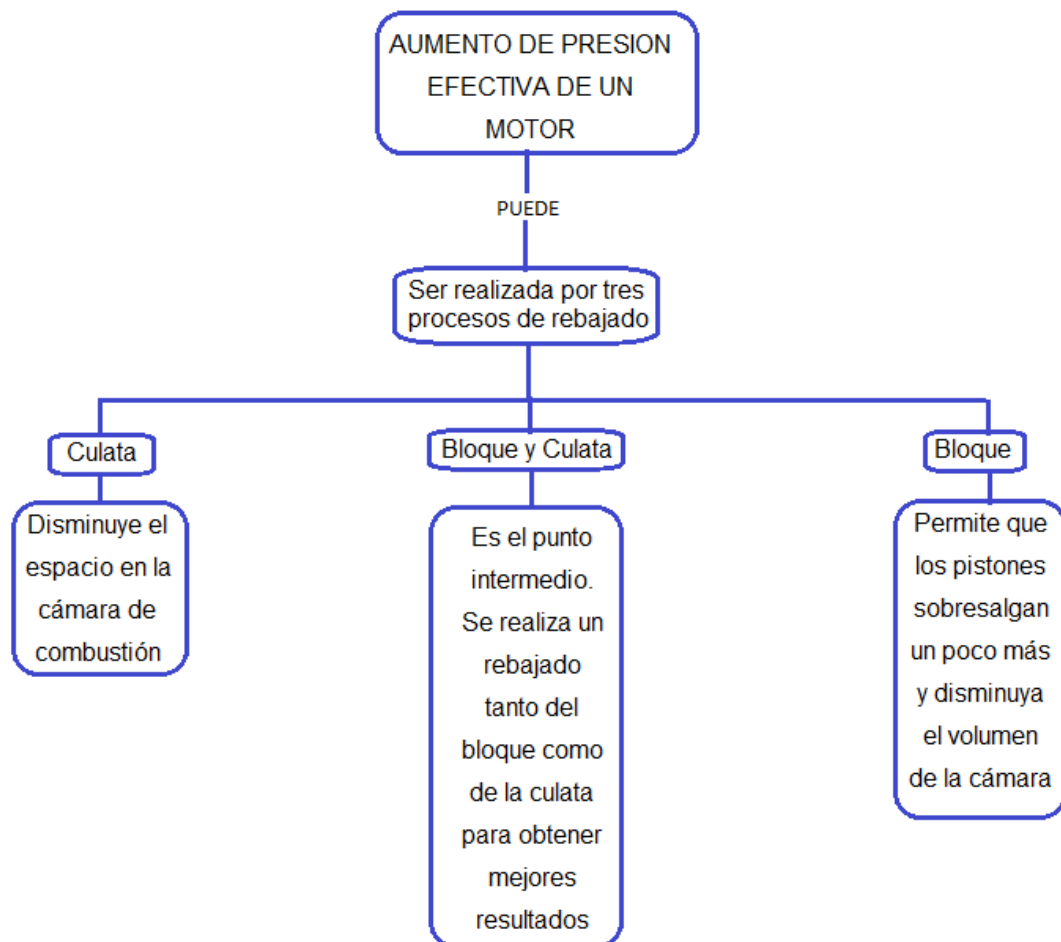
- Reforzado de los apoyos de bancada
- Reforzado de los pernos de sujeción: Agrandando el roscado de los tornillos

Si la base soporte de los cojinetes se encuentra hecha por medio de taperas lo más correcto sería aumentar el diámetro de los pernos de fijación o poner pernos adicionales para garantizar una mayor fijación y esto dependerá de la cantidad de esfuerzos que tenga que soportar el motor luego de las modificaciones realizadas.

Este proceso debe realizarse con un comprador de caratulas el cual debe estar midiendo las vueltas del cigüeñal con tal de verificar que no tenga ninguna variación para evitar daños en el mismo.

#### 4.5 RECTIFICADO DEL PLANO DE LA SUPERFICIE SUPERIOR

"el aumento de la presión efectiva de un motor comporta el aumento de la relación de compresión"<sup>13</sup>



<sup>13</sup> manual de motores pg 42

"si la cantidad a rebajar es importante, Previamente se pasa el bloque por una fresadora y luego por la rectificadora, Hasta conseguir el rebaje exacto para toda la superficie que se necesita" <sup>14</sup>

#### **4.6 FILETEADO DEL BLOQUE**

El fileteado es el proceso tecnológico para la obtención de una rosca sobre un órgano mecánico, se puede hacer por desprendimiento de viruta o deformación plástica del material.

El proceso de fileteado se realiza con el fin de colocar pernos de mayor diámetro a los originales del motor pues estos se encuentran sometidos a nuevos esfuerzos los cuales serán mayores que los estipulados por el fabricante.

Para ello se debe emplear herramienta de excelente precisión y calidad para asegurar que la medida y labrado de los filetes sea la indicada. Hay que tener en cuenta que dependiendo del material sobre el cual se valla a realizar el proceso de mecanizado se debe escoger el tipo de macho para evitar averías.

Si se va a realizar el fileteado en materiales ferreos el macho debe llevar las estrías de evacuación de la viruta en forma recta ya que este tipo de materiales son fáciles de mecanizar.

---

<sup>14</sup> manual de motores pg 42

Si el procedimiento se va a realizar en aluminio, Bronce u otras aleaciones ligeras se requieren un macho con estrías helicoidales ara permitir la salida de viruta y evitar el atascamiento de la herramienta.

#### **4.7 DESMONTAJE DE PERNOS, TAPONES Y REGISTROS**

Los tapones obturadores deben ser desmontados y sustituidos cuando se prepara un motor de competición con el fin de tener acceso a las cámaras de refrigeración, realizar una limpieza exhaustiva y realizar un adecuado remplazo de los tapones obturadores.

Procedimiento:

- Eliminar cualquier tipo de residuo
- Realizar un taladrado en el centro del tapón
- Despegar el tapón de su asiento
- Realizar una limpieza al interior de las paredes del bloque
- Instalar los nuevos tapones de obturación

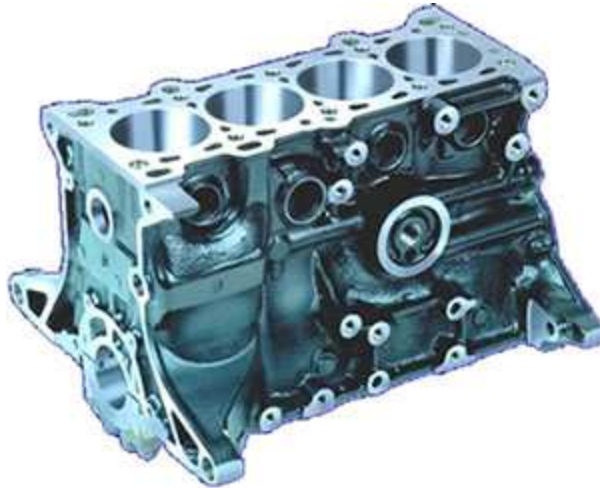
#### **4.8 TRABAJOS EN LAS CAMISAS DE LOS CILINDROS**

Tipos de cilindros:

1. Cilindro integrado en el material del bloque
2. Camisas cecas
3. Camisa húmedas

1. Cilindro integrado en el material del bloque:

**Figura 45. Partes de un bloque con cilindro integrado**



Tomado de

[http://1.bp.blogspot.com/\\_VFQXz0RXw3E/S8JMDtHulwI/AAAAAAAAAFg/sUnCFXCOMc0/s1600/Bloque\\_Motor.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_VFQXz0RXw3E/S8JMDtHulwI/AAAAAAAAAFg/sUnCFXCOMc0/s1600/Bloque_Motor.jpg)

Es en el que el cilindro se encuentra labrado en el mismo material del bloque.

Ventajas:

- Es posible rectificar el cilindro
- Cada rectificado debe ser de 0.25 mm

Desventajas:

- Su sustitución es difícil

- Requiere de tratamientos caros y poco suficientes

Para la preparación de un motor se recomienda convertir el bloque para poner camisas postizas.

Para verificar si es posible esta transformación se deben tener en cuenta los siguientes datos:

- Verificar el diámetro interno de los cilindros que debe tener el motor que se va a mejorar
- Verificar el espacio con el que se cuenta entre cilindros para evitar que las paredes que los separan no se debiliten mucho
- Verificar el espesor de la pared de las camisas

Una vez verificado que los diámetros sean los correctos se procede a realizar los correspondientes procesos de mecanizado.

“Mandrinado de los orificios de los cilindros: En el Mandrinado se debe tener en cuenta la necesidad de dejar los alojamientos de una medida mayor que la de las camisas en unos valores que se encuentran entre **0.020 a 0.025 mm** por cada 100 mm de diámetro exterior de las camisas que se van a implantar; al resultado



obtenido se debe restar la cantidad de **0.0012 mm** por cada 25 mm de diámetro exterior de la camisa postiza” <sup>15</sup>

Haciendo uso de un micrómetro se puede realizar la medida del diámetro exterior de la camisas que se van a implantar y realizando la operación anteriormente mencionada es posible establecer el diámetro al que debe ser mecanizado el alojamiento de la camisa del bloque.

#### 4.9 CAMISAS SECAS

Figura 46. Camisas secas



Tomado de <http://k38.kn3.net/BE40CEDA> 1.jpg

Ventajas:

- Tiene un uso en un tiempo más prolongado sin necesidad de cambiar el bloque

---

<sup>15</sup> manual de motores pg 48

- Por lo general se usan materiales más resistentes
- Mayores ventajas para el engrase y su duración
- El montaje se realiza por deslizamiento a presión esto si las camisas tienen las tolerancias adecuadas; esto es fundamental ya que es necesario que las camisas queden alineadas de manera correcta con respecto al eje formado por el cigüeñal.

Procedimiento:

- Verificar que las camisas se encuentren a 90° con respecto a los alojamientos del bloque
- Emplear un líquido que además de ser lubricante ejerza una acción oxidante de modo que la camisa quede inmovilizada para ello se recomienda el líquido de frenos

#### **4.10 CAMISAS HÚMEDAS**

Característica

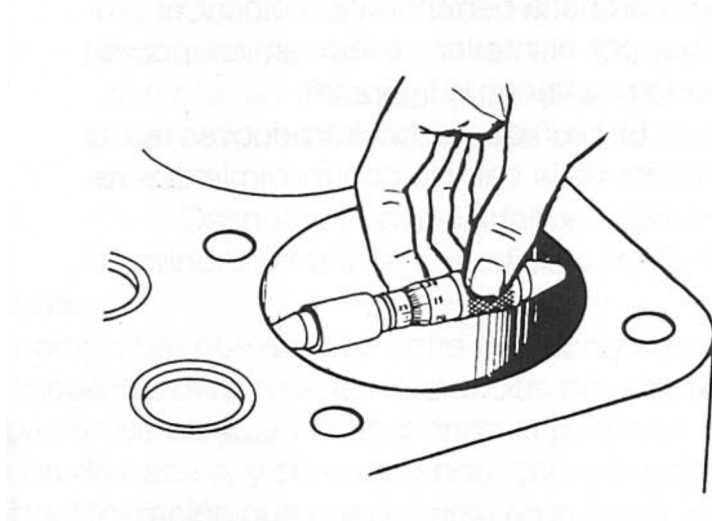
- Las camisas húmedas están en contacto con el líquido de refrigeración
- La refrigeración es directa por lo que resulta más fácil el montaje y desmontaje de esta clase de camisas

- por lo general las camisas vienen incluidas con anillos
- Es necesario que el borde de las camisas sobresalga del borde del plano del bloque entre 0.10 a 0.20 mmv para que la presión que ejerza la culata termine de ajustarla.
- Estas son las tolerancias mínimas y máximas entre el bloque y las camisas con respecto a sus asientos

**Tabla 6. Diámetro de centraje superior**

<b>Diámetro de centraje Superior e Inferior</b>		
Camisa:	Máximo: -0.030mm Mínimo: - 0.006mm	Deslizamiento fácil
Bloque:	Máximo: +0.030mm Mínimo: - 0.000mm	Deslizamiento duro
Camisa:	Máximo: -0.100 mm Mínimo: - 0.029mm	Deslizamiento duro

**Figura 47. Comprobación del diámetro interior de un cilindro**



Comprobación del diámetro interior de un cilindro por medio de un micrómetro de interiores

Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 55

Por últimos se debe verificar el juego entre el pistón y el cilindro para verificar que se encuentre dentro de la tolerancia; esta se realiza ubicando el pistón en el interior del cilindro e introduciendo una galga de espesor.

#### **4.11 LAS BIELAS EN LOS MOTORES DE COMPETICIÓN**

Para la preparación de un motor de competición es preferible el uso de bielas de titanio ya que permiten la rápida evacuación de calor que almacenan los pistones y que sean preferiblemente largas para minimizar la fatiga en las paredes del pistón con respecto a las del cilindro "en general todas las bielas trabajan sometidas a esfuerzos de flexión por pandeo para el cálculo de su sección en función de su

longitud y de la fuerza ejercida sobre ella; se considera el trabajo como el de una columna empotrada o libre en sus extremos.

"Esto es debido a que el momento flector es proporcional al cuadrado de la longitud sobre la que actúa la fuerza de flexión por pandeo, este momento será cuatro veces mayor en el sentido del plano perpendicular al mismo de ahí la forma de sección en que se le da al vástago para que haga mayor resistencia"<sup>16</sup>

Como tal dentro de los principales procesos que deben realizarse a las bielas para que tengan un óptimo desempeño en un motor de competición tenemos:

- Reforzamiento de los pernos de fijación
- Aligeramiento del peso de la biela
- Equilibrado de las bielas

#### **4.12 REFORZAMIENTO DE LOS PERNOS DE FIJACIÓN**

Este procedimiento se consigue al aumentar el diámetro de los orificios que alojan los pernos para que soporten el aumento de las fuerzas del motor.

Luego de realizados estos cálculos es posible realizar el trabajo sobre las cabezas de biela y los orificios de los pernos.

---

<sup>16</sup> manual de motores pg 52

Para realizar este procedimiento:

- primerio se debe desmontar la cabeza de la biela y los cojinetes a trabajar
- luego se monta nuevamente como si se fuera a ajustar de manera definitiva haciendo uso del dinamómetro
- Sujetar la cabeza de la biela a un banco
- Soltar el perno de sujeción
- Luego se procede a realizar el debido taladrado del orificio por medio de cortes progresivos de 0.25 mm hasta obtener la nueva medida ya calculada anteriormente
- Se ubica el nuevo perno con la medida calculada

#### **4.13 ALIGERAMIENTO DEL PESO DE LA BIELA**

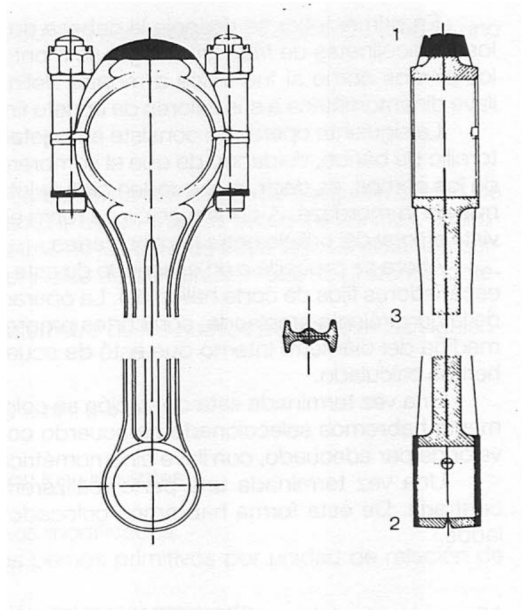
Este proceso es muy delicado pero a la vez necesario para poder “reducir las fuerzas de inercia que impiden al motor alcanzara regímenes de giro elevados.”<sup>17</sup>

(1)En los motores de serie la biela es dotada con una cantidad excesiva en la zona del sombrerete con el fin de que se genere un contrapeso con el que se procura regular el giro del cigüeñal, (2) también en los laterales del pie de la biela es posible rebajar peso de la misma y (3) también en la caña del cuerpo de la biela como se observa en la siguiente imagen.

---

<sup>17</sup> Manual del motor pg 77

**Figura 48. Aligeramiento de una biela**

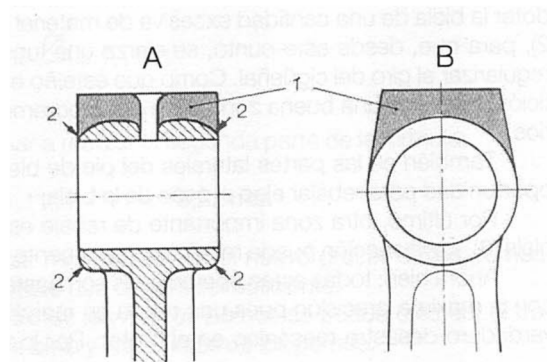


Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 78

#### **4.14 PIE DE BIELA**

Para este procedimiento el contrapeso del pie de biela puede ser completamente eliminado dejando así que este tome la forma completamente redondeada del pie de la biela y redondeando los cantos expuestos como se muestra en la figura

**Figura 49. Vistas del mismo pie de biela; recortes y redondeado de la pieza.**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 78

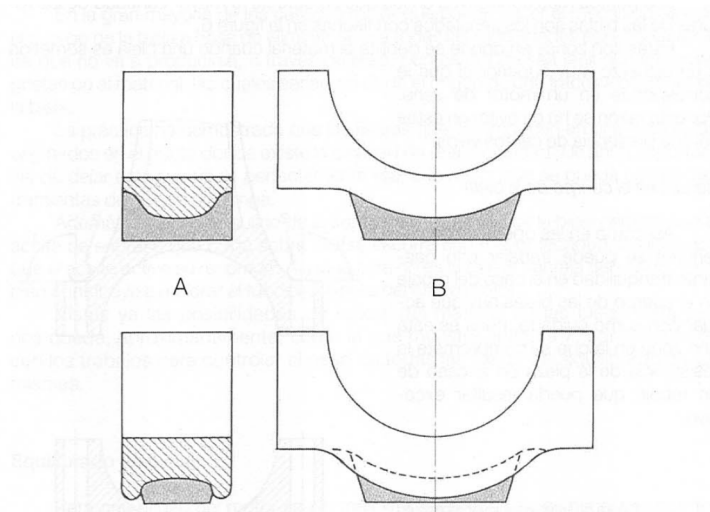
En este proceso la profundidad máxima a rebajar debe ser de 1.50 mm en la parte externa del bulón; en cuanto al rebajado de las caras laterales del pie de biela lo máximo a rebajar será de 2mm por cada cara.

#### **4.15 CABEZA DE BIELA**

Esta es una de las zonas en donde se puede llegar a realizar el mayor rebaje de material ya que es aquí en donde se ubica en contra peso: al eliminar este material es posible cumplir con la cantidad de vueltas (de una manera más efectiva) que el motor exija; el espesor a rebajar depende del diseño y el tamaño de la biela pero no genera problemas ni en la robustez ni en la fiabilidad de la biela.



**Figura 50. rebajado de material en la cabeza de la biela**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 79

#### **4.16 CUERPO DE BIELA**

Esta zona es de bastante cuidado pues en ella se encuentra involucrada la resistencia de la biela; para esto lo que se recomienda es pulir el cuerpo de la biela eliminando todas las rugosidades de manera muy concisa para evitar futuros daños los cuales pueden llegar a generar una fractura en la biela, adicional a esto una sección perfectamente pulida va a permitir que la lubricación sea más efectiva efectuando un mejor recorrido.

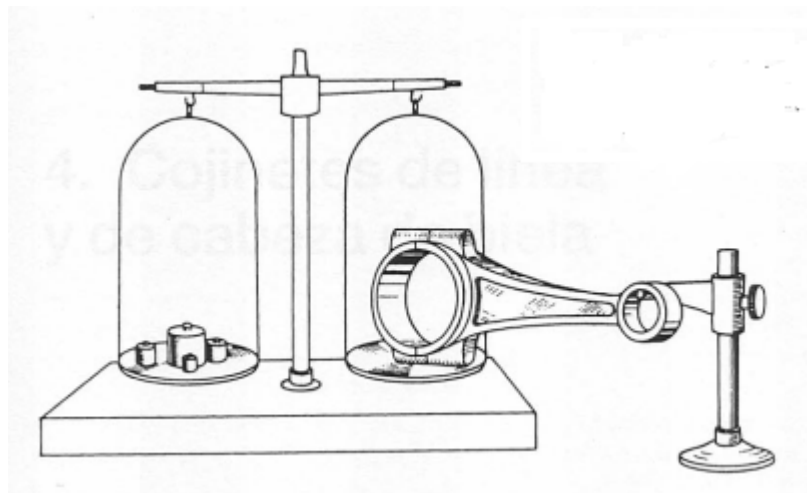
#### **4.17 EQUILIBRADO DE LA BIELA**

Para el excelente desempeño de un motor es necesario que todos sus componentes se encuentren en perfectas condiciones lo cual incluye que cada uno de estos

tengan el mismo peso; ya que la biela juega un papel importante en las vibraciones transversales del motor a medida que este acelera; este debe verificarse en la cabeza como en el pie de la biela y hallar las diferencias en cada una de estas zonas para hallar el equilibrio; este procedimiento debe realizarse en cada una de las bielas.

En dado caso que el rebajado de material haya sido excesivo se puede compensar el peso montando en ella el pistón más pesado luego de haber realizado los trabajos de aligeramiento sobre este y a que el fin es que el conjunto del tren alternativo conformado por pistón y biela tengan el mismo peso en todos y cada uno de los cilindros.

**Figura 51. Balanceado de una Biela**

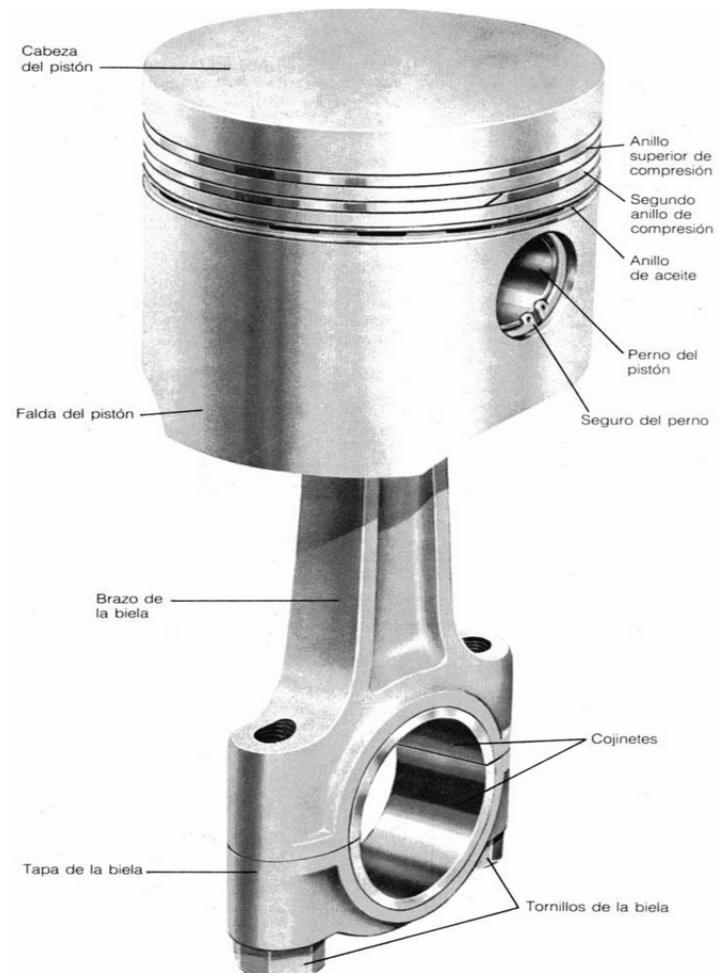


Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 83

#### **4.18 LOS PISTONES Y SUS ANILLOS**

Como es bien sabido el pistón es uno de los elementos fundamentales para el funcionamiento de un motor ya que este actúa como pared móvil dentro del cilindro, transmitiendo la fuerza generada por la expansión de los gases en la cámara a la biela e impidiendo que los gases ya consumidos ingresen al interior del motor. Para cumplir con estas funciones de debe garantizar que el pistón sea lo suficiente mente resistente y ligero a la vez. El pistón debe cumplir con una serie de características por ejemplo “para resistir las altas presiones que se originan sobre la zona superior, o cabeza del pistón, en los momentos de la compresión de la mezcla y en los inmediatamente posteriores a la explosión, es necesario dar a esta parte un espesor de cierta entidad, por medio del cual la pieza sea capaz de resistir las cargas elevadas a que va a ser sometida sin que se produzca su perforación o rotura.

**Figura 52. Elementos de un pistón y su biela**



Tomada de <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/16494162/Tipos-de-Pistones---Que-es-un-Piston-Fabricacion.html>

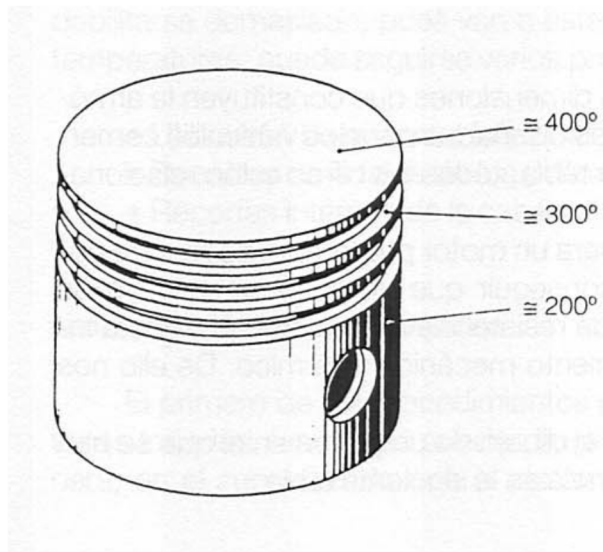
Esta condición no tendría problema si no fuera porque el propio peso del pistón hace que aumenten los valores de la inercia durante su movimiento alternativo. Todo esto con el objeto de que los fenómenos de inercia no perturben el cigüeñal con vibraciones de carácter torsional”<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Manual del motor pg 101

Uno de los problemas que más se debe tener en cuenta al realizar una modificación en el cilindro es que la estanqueidad del pistón se mantenga utilizando el diámetro adecuado y dentro de las tolerancias establecidas para evitar averías. Para lograr esto los ingenieros debe realizar y aplicar diferentes cálculos dentro de un mismo pistón teniendo en cuenta las zonas que más se encuentran expuestas a altas temperaturas y que por tanto más dilatación tendrán; gracias a esto es posible encontrar que los diámetros de un pistón son diferentes desde la cabeza hasta la falda. Ya que cuando un motor es preparado para competición uno de los principales factores a modificar es la relación de compresión gracias a la cual los valores dilatación del pistón se verán mayormente sometidos a un aumento de temperatura por lo que los factores de trabajo del pistón se verán modificados también: Estos son solo unos de los datos a tener en cuenta cuando se realice una modificación de un motor a uno de carreras.

**Figura 53. Temperatura que deben soportar las partes de un pistón**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 83

En cuanto a temperatura una de las maneras que el cilindro logra eliminar la elevación de temperatura es por medio del cruce valvular “que según su valor puede atender enérgicamente a la refrigeración de las superficies se la cama de combustión: cuanto mayor sea el número de grados de giro del cigüeñal en los que las válvulas permanezcan simultáneamente abiertas, mayor será la circulación de gases frescos por el interior de la cámara y por consiguiente, mayor la cantidad de calor robada a la parte alta de la caneca del pistón”<sup>19</sup>. Otro de los factores que influye bastante en la temperatura que mantiene un motor lo determina el material del que se encuentra hecho el pistón; por tanto generalmente por los motores de competición se recurre a los pistones forjados quienes presentan mejores características tales como mayor resistencia para soportar las cargas a las que será sometido.

#### **4.19 REDUCCIÓN DE PESO EN UN PISTÓN**

Para lograr que un motor de competición obtenga un mejor desempeño, se contemplaran las opciones del rebajado de pistón para el aligeramiento de peso y para lograr una mejor y más rápida lubricación. A continuación se describirán los procedimientos a desarrollar para lograr una adecuada modificación del pistón.

1. Uso de materiales forjados
2. Recortado de la falda de pistón
3. Recortes internos de la cabeza

---

<sup>19</sup> Manual del motor pg 104

## 1. Uso de materiales forjados

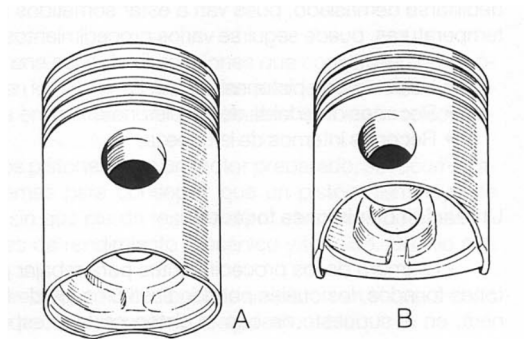
El uso de pistones forjados se da principalmente en sustitución de los pistones de fundición con los que vienen los vehículos de serie por si se hace necesario algún rebajado en caso que el pistón no encaje con las características del cilindro o en un lugar donde el pistón tenga demasiado peso como lo puede llegar a ser la zona interior de la cabeza o las paredes internas del pistón.

## 2. Recortado de la falda de pistón

Este es uno de los métodos más utilizado para la modificación de motores de carrera con el cual aparte de conseguir reducir el peso se logra disminuir la cantidad de superficie que genera fricción en las paredes del cilindro.

Como se observa en la figura 9. Esta es la manera en que comúnmente es rebajado el pistón y es la forma menos aconsejable para realizar esta operación ya que el cilindro tenderá a generar campaneos y un desgaste o deformación de las paredes del cilindro por lo que se recomienda hacer el recorte como se observa en la figura 10. En donde se mantiene una guía para que el cilindro se desplace correctamente y esto es manteniendo la estructura del embolo que sirve como guía en el interior de las paredes del cilindro.

**Figura 54. Rebajado de un pistón**



Tomada de Preparación de motores de serie para competición. Pág. 106

“En lo que respecta la superficie exterior de los pistones, algunos preparadores tratan de mejora el engrase a base de practicar en las paredes una serie de orificios ciegos, cuyo diámetro varía entre los 2 y los 4 mm, con el fin de que en ellos quede aprisionado el aceite que se proyecta sobre la parte baja de la pared de los cilindros cuando el pistón baja y lo devuelva a las paredes en la zona más alta del mismo.”

20

3. Otra de las formas de aligerar peso es rebajar el material excedente en el interior de la cabeza.

Este procedimiento se puede realizar verificando que las líneas resultantes tengan forma de bóveda ya que esta forma resiste más cargas, igualmente redondeando los cantos que sobren para eliminar más peso.

---

<sup>20</sup> Manual del motor pg 108



Dado a que el pistón es una de las partes fundamentales en la modificación de un motor se necesita establecer cuáles son los parámetros para llevar a cabo el aumento de la relación de compresión. Y para lograrlo hay que tener en cuenta;

- El rebajado en el plano de la culata
- Rebajar el plano del bloque
- Aumentar la altura de los pistones

Adicionalmente la cabeza del motor también deberá ser modificada.

Procedimiento:

- Determinación de la altura de penetración de la cabeza de los pistones en la culata
- Tipo de pistones que se van a usar
- Construcción de la plantilla de trazado
- Trazado de los pistones
- Verificación por medio de galgas
- Mecanizado de los pistones
- Pulido

#### 4.20 AUMENTO DE CILINDRADA

Para realizar los cálculos del aumento de la potencia del motor es necesario aumentar la cilindrada del mismo para poder ganar potencia dentro del mismo y este procedimiento depende de los cálculos que realicemos establecidos en la siguiente fórmula

$$N = \frac{Pme * V * n}{225(constante) * z}$$

N= potencia

Pme= presión media efectiva en el cilindro

V=cilindrada

n= revoluciones por minuto

z= número de tiempos por ciclo

Al realizar los cálculos obtenemos:

$$N = \frac{11.675kg/cm^2 * 2.0L * 6000rpm}{225 * 4}$$

$$N = 155.666 \text{ hp}$$

Para este caso la potencia aumentar en 155.666 hp que esto es lo que se necesita para que el motor tenga un mejor desempeño en la pista.

Este desempeño siempre será proporcional al porcentaje en que se aumente la cilindrada.

Para este caso en la preparación del motor se recomienda que el bloque tenga una disposición agrupada o monobloque ya que al tener esta forma se hace más compacto el sistema actualmente estos se realizan en aluminio para eliminar excesos de peso y un mejor desempeño. a continuación de relacionar las ventaja que tiene este sistema con respecto a un sistema de bloque separado para obtener refrigeración por aire

Ventajas ej. 1 Mazda 626 Gt, ej. 2 Porsche cilindros separados

- Disminución de la longitud total del monobloque
- Aumento en la rigidez del motor
- Simplificación del enfriamiento
- Menor costo de producción
- Mejor aspecto estético

A estos motores se les realiza una especie de procedimientos con el fin de aumentar la resistencia al desgaste como puede ser a base de silicio, cromo, lubricantes sólidos cerámicos y a base de grafito. Esto con el fin de que la superficie se a capaz de soportar el aumento de esfuerzo que recibirá por parte de el pistón y los anillos.

Dentro de las últimas tendencias encontramos que el bloque se encuentra realizado en una aleación especial de magnesio que es mucho más liviano que el aluminio. Los motores de carreras más utilizados “tiene 4,5 y 6 cilindros en línea, y 8 y 12 cilindros en V. También hay motores V4, V6, V10 y V16, así como otras

configuraciones especiales, con los cilindros dispuestos en w, por ejemplo w12y w16. Así mismo son muy empleados los cilindros bóxer como los Porsche 6 en bóxer. Pero enfriados por liquido” <sup>21</sup>

#### **4.21 TENDENCIAS ACTUALES**

Existe un tipo de motores en la actualidad en donde el bloque se divide en dos mitades: la parte superior y la parte que soporta la bancada que soporta el cigüeñal.

Dentro de las modificaciones a los motores es muy necesario tener en cuenta todos los puntos anteriormente nombrados para realizar una correcta modificación.

---

<sup>21</sup> Preparación de motores para competición pg 107

## 5. CIGÜEÑAL Y VOLANTE DE INERCIA<sup>22</sup>

El cigüeñal es una de las piezas básicas que se puede encontrar en un motor ya que tiene la facultad de centralizar toda la energía que envía todos y cada uno de los pistones durante cada una de sus combustiones, además posee la particularidad de convertir todo en movimiento rectilíneo de los pistones en movimiento circular o rotatorio.

El volante de inercia se encuentra fijado al cigüeñal y gira formando un mismo cuerpo con el árbol del motor, la función principal del volante es acumular una cierta cantidad de energía generada por los pistones en sus carreras de trabajo, para que esta energía sea devuelta después en los tiempos muertos cuando el pistón se encuentra en su tiempo de combustión. La importancia de la función del volante disminuye a medida que aumente el número de cilindros para un solo cigüeñal, pero los motores de cuatro cilindros deben disponer de un volante de masa considerable.

**Figura 55.Cigüeñal motor Mazda 626**



**Fotografía tomada en rectificadora de motores en la ciudad de Bogotá**

---

<sup>22</sup> Fuente de reparación de motores en serie para competición. Autor STEFANO GILLIERI.  
Pg225 – 237

**Figura 56. Volante motor Mazda 626**



Fuente <http://vehiculos.mercadolibre.com.ve/accesorios/volante-o-cremallera-para-motor-mazda-626>

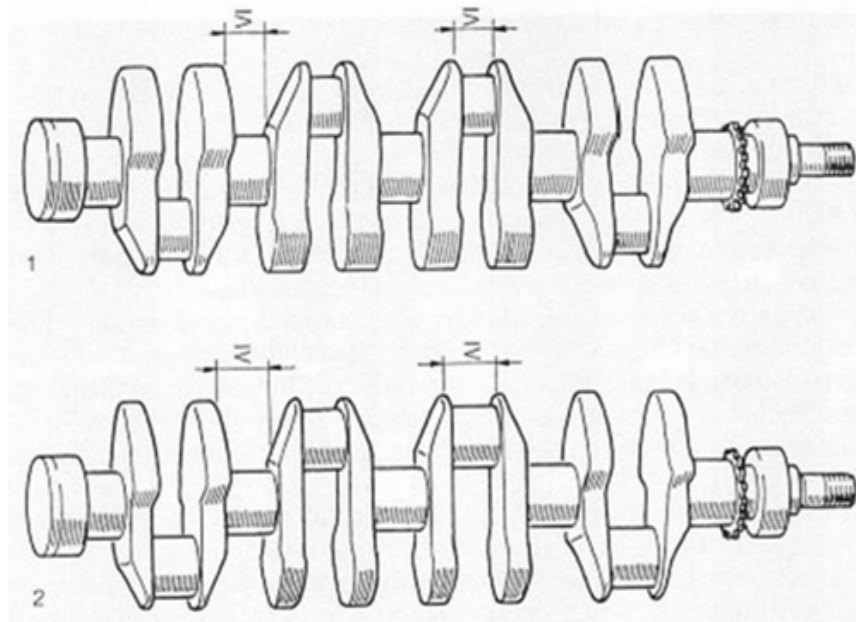
## **5.1 SUPERFICIE DE APOYO DE LOS MUÑONES**

Consiste en aumentar la superficie de apoyo de las muñequillas y los cuellos de los cigüeñales, con esto se logra reducir la sobrecarga que se encuentra sobre los cojinetes tanto en los de línea como en los de cabeza de biela. Para lograr esto se rebaja la superficie de apoyo, por re afrentado en el torno, las caras de unión de las manivelas o platos del cigüeñal con las muñequillas o cuellos.

A continuación se observa en la Figura 57 el ligero aumento en las dimensiones de cuellos y muñequillas y, por lo tanto, una mayor superficie de apoyo que permite la utilización de cojinetes ligeramente más anchos, lo que da como resultado un reparto de las cargas menos crítico que el caso de haber utilizado directamente el

cigüeñal en serie tal como viene de fabricante. Los aumentos de presión por centímetro cuadrado quedan algo compensado al aumentar la superficie de apoyo

**Figura 57.comparacion de dos cigüeñales idénticos**

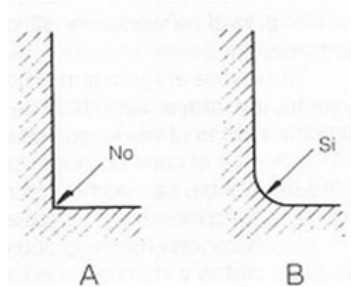


comparacion de dos cigüeñales identicos, uno de ellos trabajado para el mejoramiento del motor .(1) cigüeñal de serie. (2) cigüeñal preparado con el ensanchamiento e sus cuellos y muñequillas mas grandes.

Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 228.

Cuando se realiza este tipo de trabajos se debe tener en cuenta el ángulo vivo como se muestra en la Figura 58, (A) produciría, durante el funcionamiento del cigüeñal, una concentración de esfuerzos en el punto de unión de ambos planos que podría que podría provocar relativamente rápidas roturas por fatiga. La solución de practicar un mecanizado a base de un radio de giro en esta zona, de la manera que se muestra en (B) soluciona en buena parte este inconveniente y aumenta la solidez del codo correspondiente.

**Figura 58.radio de unión o de acuerdo entre plato y muñequilla**



Radio de unión o de acuerdo entre plato y muñequilla (A) canto vivo (no aconsejable). (B) radio de unión.

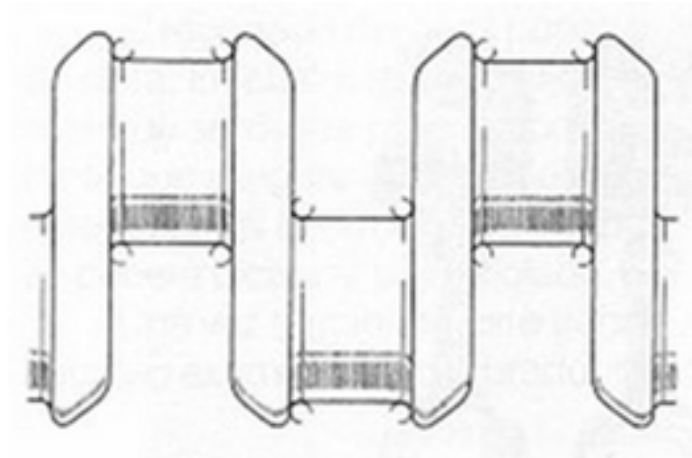
Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 228

Sin embargo hay que tener en cuenta que nunca es aconsejable que el radio de unión sea inferior a  $1/20$  del diámetro de la muñequilla.

Con el fin de que el mecanizado no haga disminuir la superficie útil de apoyo en el cojinete correspondiente, utilizan sistemas como el mostrado en la Figura 60, en donde el radio de unión se mantiene angular pero no afecta a restar superficie de apoyo del cojinete.

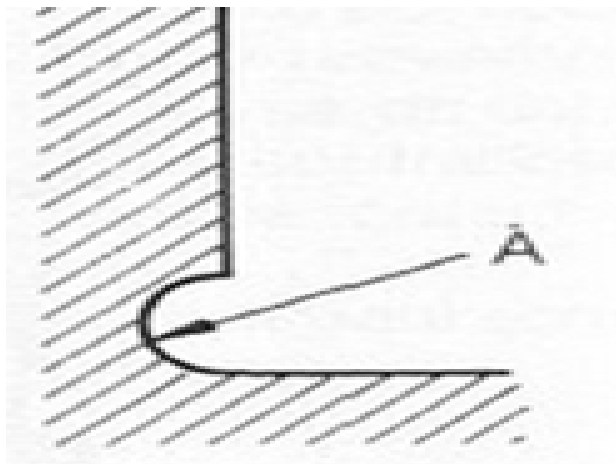


**Figura 59.trabajo de los radios de unión muñequillas y los cuellos en un cigüeñal preparado**



Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 229

**Figura 60.otra forma de radio de unión**



Otra forma de radio de union de acuerdo (A).Que no modifica la pocision de los cojinetes

.Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 229

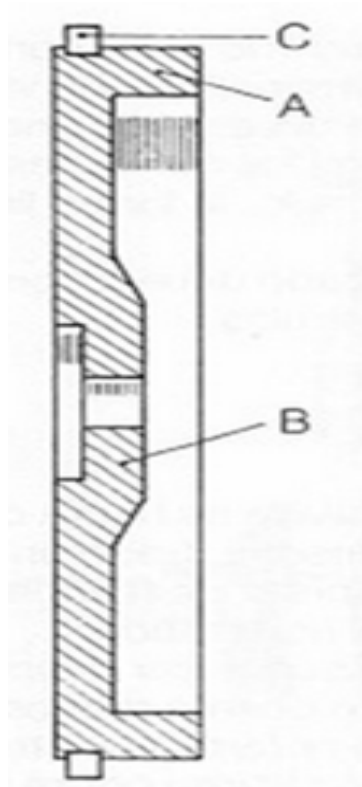
## **5.2 ALIGERAMIENTO DEL CIGÜEÑAL**

El aligerado del cigüeñal evidenciara una pérdida de regularidad en el giro del motor y una mayor presencia de vibraciones, las cuales, sin embargo, se compensa en la zona de altas del régimen del giro para los motores en los que hemos de conseguir el aumento de RPM. En el caso de las contrapesas el recortado del perfil puede realizarse mediante amolado o por corte con sierra de cinta. En cualquiera de los dos casos anteriormente mencionados es conveniente determinar previamente la forma final que se desea obtener para los contrapesos resultantes.

## **5.3 EL VOLANTE DE INERCIA**

Al volante de inercia se le rebajara de acuerdo al aumento de RPM previstas para el motor.

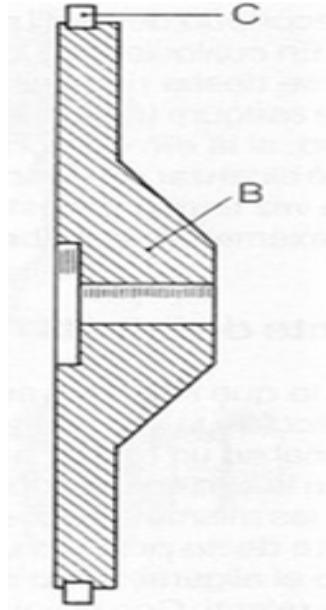
**Figura 61.sección de un volante de inercia**



Sección de un volante de inercia con la mayor parte de la masa en la periferia, propio para motores lentos. De “poca aceleración. (A) llanta, (B) núcleo central, (C) corona dentada.

Fuente de reparación de motores en serie para competición. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 232

**Figura 62.sección de un volante**

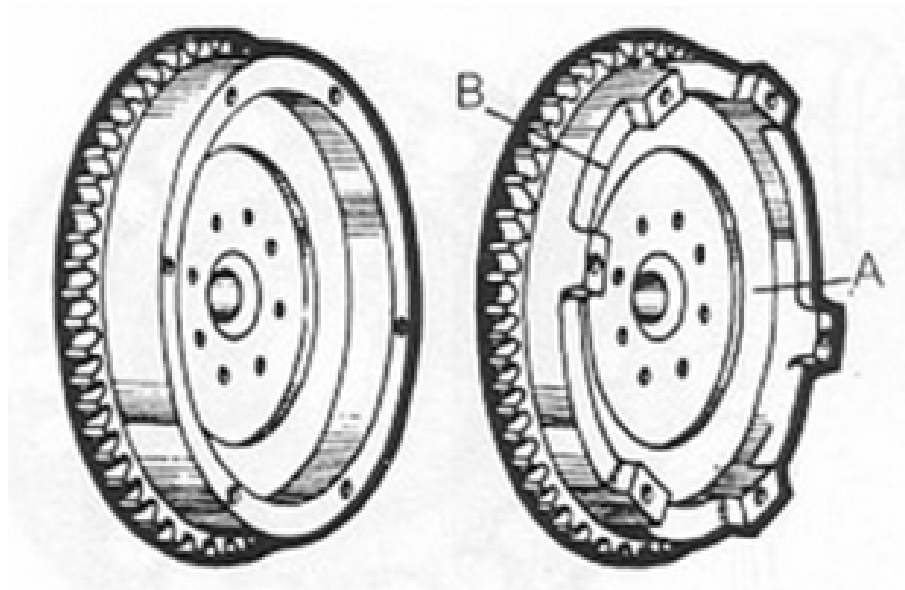


Sección de un volante de inercia con la mayor parte de la masa en la parte central, propio para motores rápidos, de buena aceleración, (B) núcleo central.

Fuente de reparación de motores en serie para competición. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 232

El aligeramiento puede ser muy considerable y muy efectivo, pues actuamos por la parte más exterior de la pieza. En la Figura 64 se encuentra señalado, por medio de una zona tramada, las partes en la que es buena la extracción de material en el volante de este tipo. El criterio general como puede verse, consiste en aligerar especialmente en las partes exteriores y conservar en lo posible las masas del centro. Cuando esta solución no es posible por tratarse de un volante que, ya de origen, dispone de poca llanta, suele rebajarse el material frontalmente, en la zona (A) de la Figura 63.

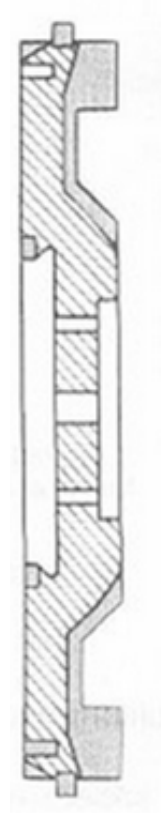
**Figura 63. Lugares en donde es posible el aligeramiento de un volante de inercia**



Lugares en donde es posible el aligeramiento de un volante de inercia. A la izquierda, volante original. A la derecha, volante aligerado en las zonas A (frontal) y B (llanta)

Fuente de reparación de motores en serie para competición. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 233

**Figura 64.vista en sección de un volante y lugar y forma en donde es posible actuar para rebajar el material**

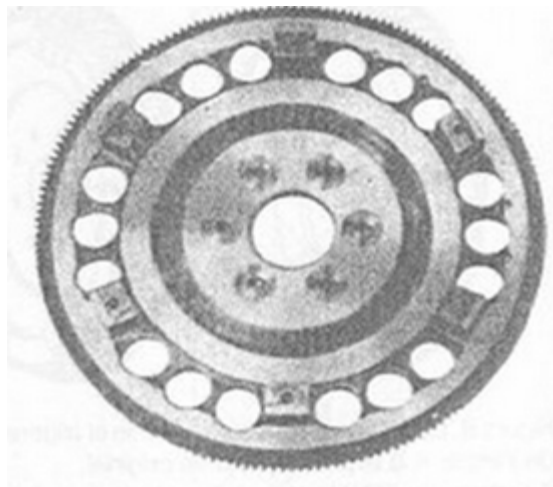


vista en seccion de un volante y lugar y forma en donde es posible actuar para rebajar el material .

La parte tramada corresponde a la parte tramada corresponde a la parte de material aligerado.

Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 233

**Figura 65.volante para motor de alta velocidad**



Volante para motor de alta velocidad, fuertemente aligerado por torneado de la llanta y la producción de taladros en el plato.

Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 234

También se debe tener en cuenta que el volante además de un acumulador de inercia, es el soporte de embrague y que por lo mismo, es conveniente no debilitarlo, lo cual es diferente de la operación de quitarle peso. Para la eliminación de peso de material debe ser igual al aumento de velocidad que queremos ganar, por ejemplo; si el aumento de giro es de un 33% se podría decir que le aligeramiento del peso en un valor superior al 16% con respecto al peso inicial del volante.

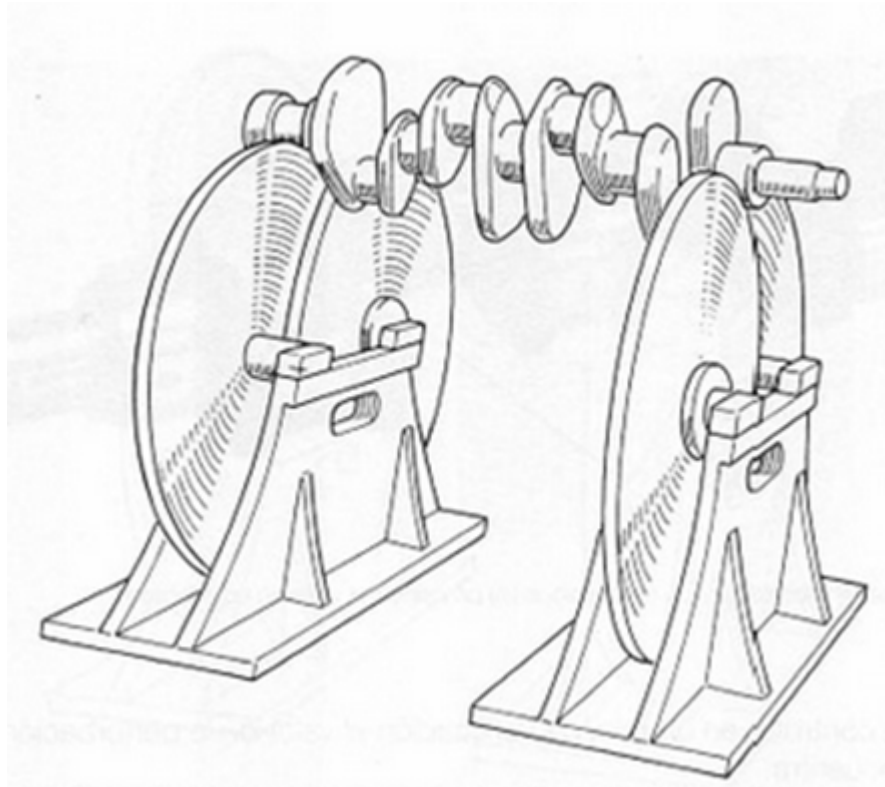
El equilibrado del cigüeñal y del volante es indispensable para comprobar el equilibrio de estas piezas, tanto estático como dinámico, con objeto de eliminar o reducir al mínimo las fuerzas y vibraciones que pueden perturbar el rendimiento del motor e incluso provocar la rotura de alguno de sus órganos o el desgaste prematuro de los cojinetes lineales.

## 5.4 EQUILIBRIO ESTÁTICO

La verificación del equilibrio estático puede verse en la Figura 66. Para llevar a cabo esta comprobación se procede a montar el cigüeñal, apoyado por los cuellos externos sobre dos juegos de discos especialmente dispuestos para permitir el libre giro del árbol, del modo que muestra la Figura 66. Una vez debidamente instalado en esta postura, el cigüeñal demostrará su buen equilibrio estático si, al hacerlo girar suavemente sobre su eje, cuando se para lo hace indistintamente en cualquier posición y no tiene, en momento alguno, la tendencia a pararse siempre en el mismo punto. Si actuara de esta forma, es decir, siempre se parara en la misma posición, sería señal de que los contrapesos de la parte baja disponían de más peso que de los de la parte alta y, por consiguiente, debería efectuarse un aligeramiento de material en esta parte, aligeramiento que se lleva a cabo por medio de practicar cuantos avellanados fuera preciso, colocándolos en la zona externa de los contrapesos o en los lugares neutros de las manivelas, hasta lograr el perfecto equilibrio estático.



**Figura 66.equilibrado estático del cigüeñal**



Equilibrado estático del cigüeñal por medio de un juego de discos sobre el que puede girar suave y libremente el árbol motor.

Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. PG 235

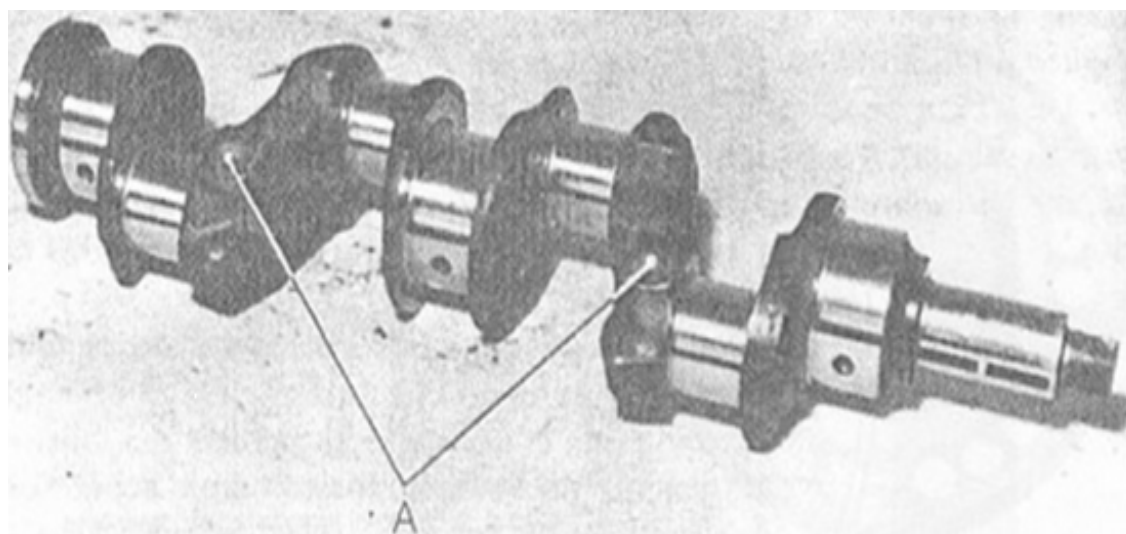
La cantidad de material a extraer de los puntos sobrecargados resulta de fácil determinación si se posee un juego de pesos imantados. La forma de operar consiste en colocar uno de estos pesos en la parte diametralmente opuestas a aquella que se “vence” en la prueba estática. Cuando se ha determinado la colocación de un peso magnético mediante el cual el cigüeñal gira y se detiene en un lugar cada vez indeterminado, sabemos la cantidad de material que se debe rebajarse y el lugar del que debe ser eliminado. Después de realizar cada retoque para el equilibrado, este debe comprobarse de nuevo en el soporte de discos para

verificar el resultado de la operación. Si aparecen otros puntos de desequilibrio que quedaban enmascarados por el de mayor importancia, se debe trabajar en ellos de la misma forma que hemos visto para el principal.

## 5.5 EQUILIBRIO DINÁMICO

El equilibrio dinámico de un cigüeñal se efectúa a base de comprobar sus tensiones en movimiento, de una manera parecida a la forma de actuar con las ruedas de los automóviles. Para efectuar esta verificación se necesita una maquina especial capaz de sujetar debidamente el cigüeñal, de hacerlo girar a varios regímenes y de controlar en un reloj de verificación el valor de la perturbación y el lugar donde se encuentra.

**Figura 67.cigüeñal mostrando los avellanados**



Cigüeñal mostrando los avellanados (A) practicados para su equilibrado.

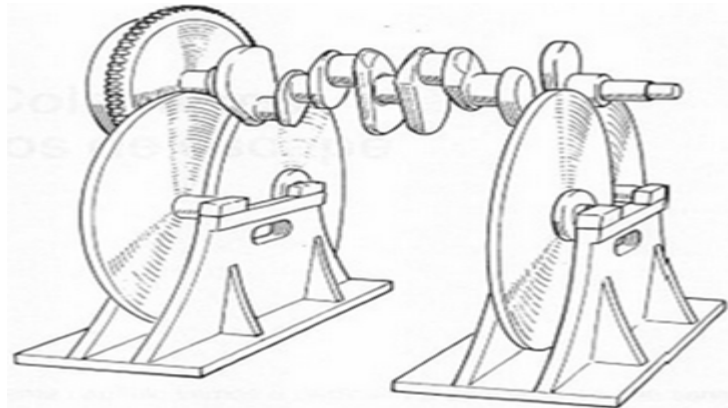
Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. PG 236

## 5.6 EQUILIBRIO DEL VOLANTE

En lo que respecta al volante también el equilibrado de esta pieza es un factor fundamental el equilibrado de esta pieza es un factor fundamental para conseguir la marcha regular del cigüeñal. El primer equilibrado a llevar a cabo es el estático, el cual se efectúa de la misma forma que se hizo para el cigüeñal. Una vez se halla equilibrado estáticamente este árbol motor, se procede a montar en el volante, fijándolo con sus correspondientes pernos de unión como si de un montaje definitivo se tratara.

La importancia del equilibrio es tan grande que se recomienda equilibrar también todo el material que ira adosado al volante, es decir, el mecanismo del embrague.

**Figura 68. equilibrado de un conjunto de cigüeñal con su volante de inercia montado**



Equilibrado de un conjunto de cigüeñal con su volante de inercia montado y la parte de arrastre del embrague, montado sobre discos de soporte

Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 237

## 5.7 COLECTORES Y TUBOS DE ESCAPE<sup>23</sup>

La fórmula para saber el diámetro de los colectores que son necesarios para autos de competición es la siguiente:

$$Lc = \frac{13000 * Ge}{Rpm * 6}$$

Lc = longitud que debe tener el colector de escape

Ge = el valor en grados que el diagrama de distribución tiene el escape

Rpm = revoluciones máximas del motor

6 y 13000 = son siempre fijos

### CALCULO

$$Ge = 69^\circ + 180^\circ + 13^\circ = 262^\circ$$

$$Rpm = 5500$$

$$Lc = \frac{13000 * 262^\circ}{5500 * 6}$$

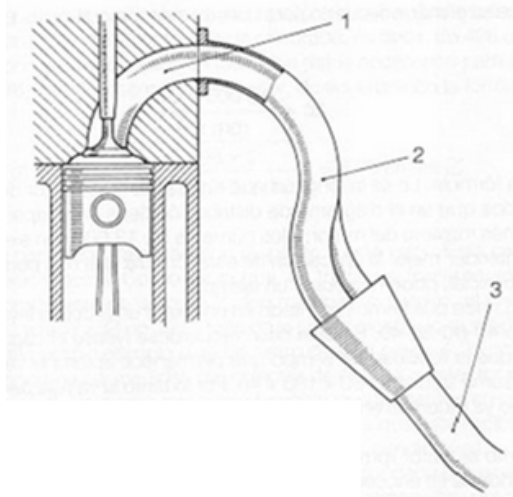
$$Lc = \frac{3406000}{33000}$$

$$Lc = 103.212 \text{ cm}$$

---

<sup>23</sup> Fuente de reparación de motores en serie para competición. Autor STEFANO GILLIERI.  
Pag 239 -247

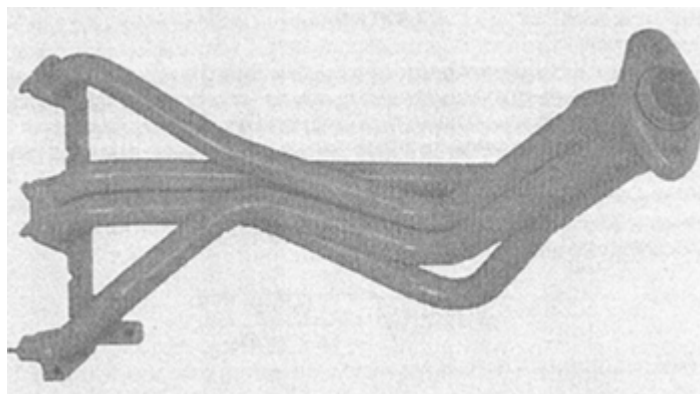
**Figura 69. representación del conjunto de escape de un motor**



Representación del conjunto de escape de un motor, (1) conducto de escape labrado en la culata, (2) colector de escape, (3) tubo de escape primario.

Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 241

**Figura 70. conjunto de un colector de escape para competición, de IRESA.**



Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 241

Este valor de longitud se refiere a la distancia desde la misma válvula de escape, de modo que se tendrá que descontar de esta cifra el valor correspondiente a la longitud de los conductos que están labrados en la misma culata. En el caso de tener que fabricar el colector de escape nuevo ya se revisa la longitud, pero necesitamos también saber el diámetro de los tubos. Para ello podemos utilizar la siguiente formula.

$$\varnothing = 2 * \sqrt{\frac{Vc * 2}{Lc * 3,1416}}$$

Vc = volumen unitario del cilindro

Lc = longitud del colector

### **CALCULO**

Vc = 447.25

Lc = 103.212 cm

$$\varnothing = 2 * \sqrt{\frac{447.25 * 2}{103.212 * 3,1416}}$$

$$\varnothing = 2 * \sqrt{\frac{894.5}{324.25}}$$

$$\varnothing = 2 * \sqrt{\frac{894.5}{324.25}}$$

$$\varnothing = 2 * \sqrt{2.758}$$

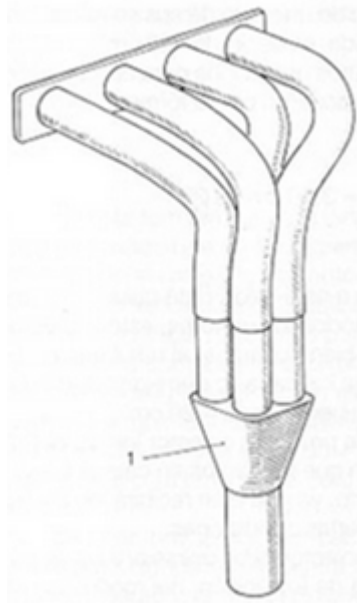
$$\varnothing = 2 * 1.66$$

$$\varnothing = 3.32 \text{ cm } \varnothing$$

Estos colectores como podemos ver en la Figura 70 son más bien curvados, al resultado obtenido se le deberá añadir un diámetro del 10% más de la cifra indicada. En primer lugar el conjunto de tubos del colector deben unirse al tubo de escape primario perfectamente formando una caja de expansión, del modo que aparece en (1) de la Figura 71. Esta primera caja de expansión permite a los gases una deceleración de su velocidad y, con ello, una pérdida de ruido. Además, aquí han de unirse todos los gases quemados por los cilindros en un solo flujo de corriente, por lo que se ha de velar para que no concurren en este punto corrientes inversas.

Otra solución como la mostrada en la Figura 72 son, evidentemente, menos favorables, por resultar en este aspecto contraproducente para permitir la mejor salida de los gases.

**Figura 71. unión correcta de los tubos de colector**

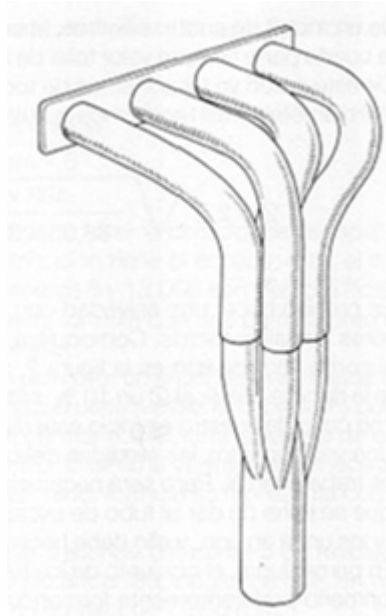


Unión correcta de los tubos de colector hacia el tubo de escape primario en una versión de escape "4 en 1", (1) cámara de expansión.

Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 244



**Figura 72. unión algo incorrecta de los tubos en el cuerpo del escape primario**



Unión algo incorrecta de los tubos en el cuerpo del escape primario. No existe cámara de expansión en este modelo.

Fuente de reparación de motores en serie para competición. Autor STEFANO GILLIERI. PG 244

Sobre el tubo primario de escape conviene saber también el diámetro resultante del tubo (Diámetro  $T_e$ ).

$$\varnothing T_e = 2 * \sqrt{\frac{V_t}{L_c * 3.1416}}$$

$V_t$  = cilindrada total del motor

## CALCULO

$$V_t = 1789$$

$$\phi Te = 2 * \sqrt{\frac{1789}{103.212 * 3.1416}}$$

$$\phi Te = 2 * \sqrt{\frac{1789}{324.250}}$$

$$\phi Te = 2 * \sqrt{5.517}$$

$$\phi Te = 2 * 2.348$$

$$\phi Te = 4.696 \text{ cm}$$

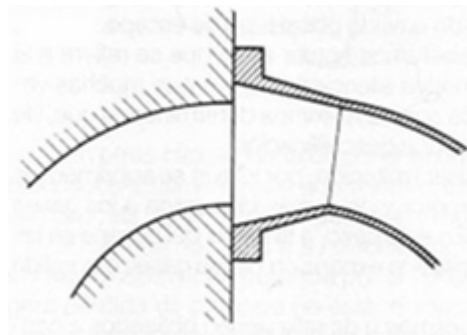
Suponiendo que este tubo de escape no tenga necesidad de tener alguna curva o codo apreciable, este valor se puede dar por bueno, sin necesidad de aumentarle el 10% que indicamos anteriormente para los tubos curvados. En cuanto a la longitud del tubo de escape conviene tener en cuenta que siempre se aconseja que tenga una longitud cuyo valor sea multiplo del valor (Lc) del colector de escape (incluido el conducto de la culata)

Hay que tener en cuenta que, por otra parte, hay reglamentos de competiciones que no autorizan el cambio del colector de escape, en cuyo caso poco puede hacerse, logicamente, para mejorar esta parte importante del exterior del motor. Sin embargo, si aumentan el conducto de salida de los gases podemos obtener unas ventajas llevando a cabo el siguiente trabajo. Consiste en hacer una pequeña camara de expansion, conica o anular, en el mismo punto en el que el colector de escape se

une a la culata. Un ejemplo de este trabajo lo tenemos en las Figura 71 y Figura 72. Esta pequeña camara que se representa en la parte de union entre la culata y el colector sirve, por lo menos, de mejora para la respiracion de los gases cuando no aplicamos un colector adecuado.

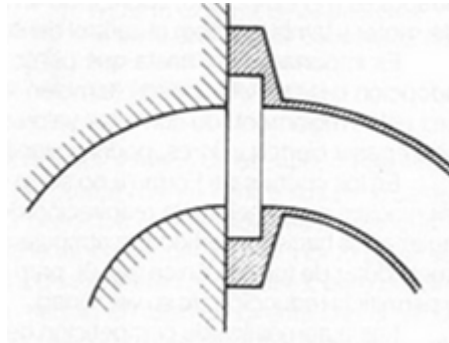
Hay diferentes diseños para tubos de escape uno de ellos es el llamado “4 en 1” este ejemplo lo podemos evidenciar en la Figura 75. Este es un diseño muy clasico para motares de competicion. Su caracteristica mas importante es que se consigue un considerable aumento de la potencia, pero solamente a altos regimenes de giro. Su inconveniente es la perdida de potencia en los bajos regimenes, de modo que puede ser aconsejable solo para los vehiculos especialmente dedicados a la pista.

**Figura 73. camara de expansión cónica a la salida del conducto de la culata con el colector.**



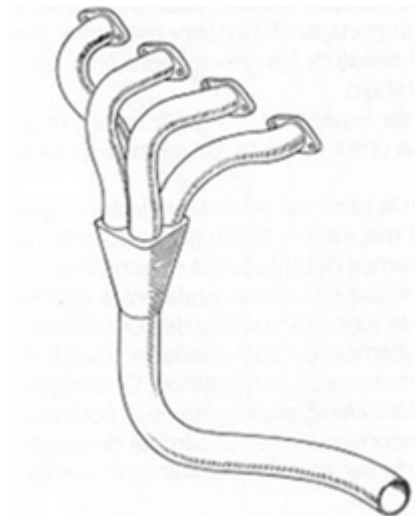
Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 245

**Figura 74.camara de expansión anular a la salida del conducto de la culata con el colector.**



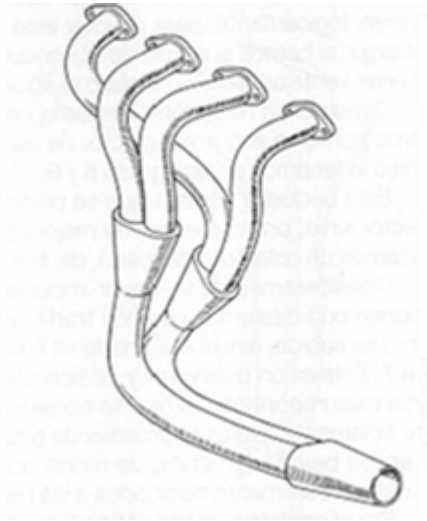
Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 245

**Figura 75. Colector de escape y tubo primario de los llamados “4 en 1”**



Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 246

**Figura 76. Colectores de escape y tubo primario de los llamados “4 en 2”**



Fuente de reparación de motores en serie para competición. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 246

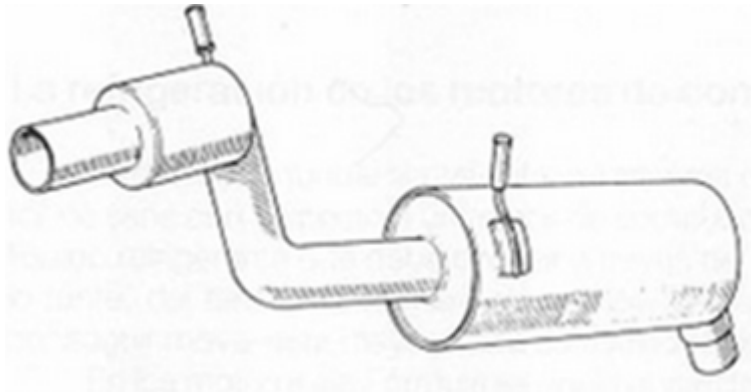
Por lo contrario, existe el tipo llamado “4 en 2” del cual hay un ejemplo en la Figura 76 cuyo comportamiento frente a la zona de potencia más favorable es exactamente lo contrario a lo que se ha descrito para el colector de la Figura 75. Por lo tanto, los bajos regímenes serán beneficiados por este colector mientras en los altos se comportara de un modo menos favorable.

## **5.8 SILENCIADOR**

Estos tubos son fabricados en general en acero inoxidable, los cuales cuentan entre sus principales ventajas, las de tener mayor duración y menor peso que los tradicionales de plancha. En lo que respecta a su elección conviene tener en cuenta que, por lo general los silenciadores roban potencia por el frenado de los gases, pero esta ligera pérdida de potencia no está, ni mucho menos, en relación directa

con el ruido propagado. Es decir, está bien comprobado que no existe ninguna relación entre ruido y potencia, de modo que el ruido en si no es garantía de haber mejorado el tiraje del motor ni de haber contribuido al mejoramiento de sus prestaciones.

**Figura 77.conjunto de los silenciosos**



Conjunto de los silenciosos de fabricación especial, para automóviles de competición fabricados y comercializados por IRESA

Fuente de reparacion de motores en serie para competicion. Autor STEFANO GILLIERI. Pag 247

## 6. GLOSARIO

- **Abrasión:** Desgaste de la superficie, producido por rayado continuo, usualmente debido a la presencia de materiales extraños, o partículas metálicas en el lubricante. Esto puede también causar la rotura o resquebrajamiento del material (como en las superficies de los dientes de los engranes). También la falta de una adecuada lubricación puede dar como resultado la abrasión.
- **Admisión:** es el primero de los cuatro tiempos de un motor de combustión interna. Al comienzo de la fase de admisión, la válvula de admisión se abre y el pistón comienza a descender provocando una caída de presión en el cilindro, lo que a su vez provoca la entrada desde el exterior de aire fresco en el caso de un motor diésel, o de mezcla inflamable de aire y combustible en el caso de un motor de ciclo Otto vulgarmente llamado motor de gasolina.
- **Aire:** El aire está compuesto principalmente por nitrógeno, oxígeno y argón. El resto de los componentes, entre los cuales se encuentran los gases de efecto invernadero, son vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, ozono, entre otros. En pequeñas cantidades pueden existir sustancias de otro tipo: polvo, polen, esporas y ceniza volcánica. También son detectables gases vertidos a la atmósfera en calidad de contaminantes, como cloro y sus compuestos, flúor, mercurio y compuestos de azufre.
- **Alternador:** Dispositivo accionado por un motor que convierte la energía mecánica en corriente eléctrica alterna. El alternador suministra energía para hacer funcionar todos los componentes eléctricos del vehículo cuando el motor está funcionando, y para la carga del acumulador o batería.

- **Boquilla principal de atomización:** A velocidades superiores a 1.600 rpm. el carburador de motor alimenta los cilindros a través de una boquilla o difusor de diámetro fijo que arroja gasolina en la garganta. el calibre de esta boquilla no es modificable.
- **Calibre o Gicleur principal:** El volumen de combustible que sale por la boquilla principal es controlado por el gicleur o calibre principal del carburador. consiste de un orificio de diámetro específico que restringe el paso de la gasolina.
- **Calentamiento global:** Es un término utilizado para referirse al fenómeno del aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos, que posiblemente alcanzó el nivel de calentamiento de la época medieval a mediados del siglo XX, para excederlo a partir de entonces.

El calentamiento global está asociado a un cambio climático que puede tener causa antropogénica o no. El principal efecto que causa el calentamiento global es el efecto invernadero, fenómeno que se refiere a la absorción por ciertos gases atmosféricos—principalmente H<sub>2</sub>O, seguido por CO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>—de parte de la energía que el suelo emite, como consecuencia de haber sido calentado por la radiación solar.

- **Cámara de combustión:** sitio donde se genera la combustión del combustible con el comburente, la mayoría de veces es el aire, en un motor de combustión interna.
- **Carburador:** es el dispositivo que se encarga de preparar la mezcla de aire-combustible en los motores de gasolina. A fin de que el motor funcione más económicamente y obtenga la mayor potencia de salida, es importante que la gasolina esté mezclada con el aire en las proporciones óptimas.



- **Carburación con Venturi:** El suministro de gasolina de un motor con carburador se consigue utilizando un tubo de Venturi. para lograr la carburación adecuada, el aire acelera su paso en el Venturi. El vacío que se genera es suficiente para permitir que la presión atmosférica empuje la gasolina desde la cámara del flotador hacia la garganta del carburador. la salida de gasolina se controla mediante la altura de nivel de bencina, en la cámara del flotador y un orificio calibrado (jet).
- **Cascabeleo:** conocido como pistoneo, es cuando se genera la explosión del combustible y comburente antes del debido tiempo. Esto genera desgaste y daño en el motor.
- **Combustible:** es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor. Supone la liberación de una energía de su forma potencial (energía de enlace) a una forma utilizable sea directamente (energía térmica) o energía mecánica (motores térmicos) dejando como residuo calor (energía térmica), dióxido de carbono y algún otro compuesto químico.
- **Convertidor catalítico:** mecanismo presente en el motor de combustión interna que permite el control y la reducción de gases nocivos que son expulsados en la combustión
- **Detonación o Picado:** es una combustión rápida y violenta de la mezcla aire/combustible en la(s) cámara(s) de combustión del motor, después del encendido por la chispa o arco eléctrico en la(s) bujía(s).
- **Estanqueidad:** proceso por el cual determinamos si hay fugas o no, si las hay, se indica que ahí estanqueidad, y si no las hay se indica que no hay fugas.

- **Estequiometria:** es el cálculo de las reacciones cuantitativas entre productos de una reacción química.
- **Hermético:** sellamiento que no permite el paso de fluidos como aire y líquidos, genera un vacío, interno debido al cierre sin fugas.
- **Hollín:** son partículas sólidas de tamaño muy pequeño, que están en unas 5 micras y 100 nm, su compuesto principal es carbono impuro pulverizado, estos se producen por una mala combustión de un material y su color es muy negro.
- **Obturador o Mariposa de aceleración:** La velocidad de un motor se controla permitiendo o impidiendo que la mezcla ingrese a los cilindros. cuando la mariposa de aceleración se abre y el motor supera la velocidad mínima (ralentí), la boquilla principal recién inicia el suministro de combustible atomizado. la mariposa de aceleración regula la velocidad de llenado de los cilindros monitoreando el rendimiento volumétrico.
- **Octanaje:** se refiere a la escala que permite conocer el poder antidetonante que puede tener un carburante mientras que este se encuentra en el cilindro que hace parte del motor.
- **Presión atmosférica:** es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire sobre la superficie terrestre.

La presión atmosférica en un punto coincide numéricamente con el peso de una columna estática de aire de sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera.

- **Principio de Bernoulli:** Establece que a la medida que aumenta la velocidad de desplazamiento de un gas, su presión interna disminuye. Cuando el aire está detenido, la fuerza de expansión que ejerce es igual a la atmosférica. cuando se

mueve, su densidad disminuye, la presión que ejerce es menor que la atmosférica y produce vacío.

- **Ralentí:** régimen mínimo de revoluciones por minuto en un funcionamiento estable.
- **Scanner automotriz:** es un dispositivo el cual se encarga de realizar un auto diagnóstico en todo el automóvil, también puede leer la ECU y así mismo saber que errores presenta.
- **Smog fotoquímico:** es la contaminación del aire originado por reacciones fotoquímicas y otros compuestos, su color es gris o negro y se le puede notar en la atmosfera, este elemento causa efectos negativos en el ser humano.
- **Tubo de Vénturi:** Esta invención permite medir el flujo del líquido que se mueve dentro de un ducto. para ello, instalada una sección de doble cono que hacia disminuir en forma gradual el diámetro del interior del tubo lo que provocaba una aceleración momentánea de la masa del líquido que recorría el doble cono y por consiguiente, de acuerdo con el principio de Bernoulli, la presión disminuye en este punto.
- **Tubo emulsionador de gasolina:** Mejora la mezcla entre aire y combustible. permite que una parte del aire de admisión ingrese al tubo emulsionador y pase a través de la gasolina en forma de burbujas, produciendo espuma. el aire ingresa al tubo emulsionador a través de un orificio o jet de diámetro específico. este calibre es modificable. se puede cambiar por otros de diferente diámetro.
- **Vacuometro:** elemento que se encarga de medir con exactitud presiones inferiores a la presión atmosférica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias-Paz, M. (2006). *Manual de automoviles* (56 ed.). Madrid: Cie Inversiones Editoriales Dossat.
- Bosch, R. (2005). *Manual de la tecnica del automovil* (Cuarta ed.). Alemania: Bauer & Partner.
- Castañe, J. (1996). *EL EQUIPO DE COMPETICIÓN*. Madrid: Editorial CEAC.
- Gillieri, S. (s.f.). *Biblioteca del Automovil - Preparación de motores de serie para competicion*. Ediciones CEAC.
- Gualtieri, P. J. (2007). *Preparación de motores de competición: motores de competición* (1a ed.). Buenos Aires: COSMOPOLITA.
- GUPTA, H. N. (2013). *FUNDAMENTALS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES*. Delhi: PHI Learning.
- Hammill, D. (2005). *How to power tune Jaguar XK* (Second Edition ed.). Veloce Publishing.
- Perez, J. M. (1998). *TECNICAS DEL AUTOMOVIL INYECCION GASOLINA Y DISPOSITIVOS ANTICONTAMINACION*. Madrid: Ediciones PARANINFO.
- Pérez, J. M. (2009). *TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL. MOTORES*. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Shepard, L. (2003). *How to Hot Rod Small-Block Mopar Engines* (First edition ed.). New York: Berkley Publishing Group.